

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA  
CENTRO TECNOLÓGICO  
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA MECÂNICA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA MECÂNICA

**UM MÉTODO PARA DESENVOLVIMENTO DE MEDIDAS  
DE DESEMPENHO COMO APOIO À GESTÃO DE SISTEMAS  
DE MANUFATURA**

TESE SUBMETIDA À UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA PARA A  
OBTENÇÃO DO GRAU DE DOUTOR EM ENGENHARIA MECÂNICA

Adrián Guillermo Ricardo Lucero

Florianópolis, maio de 2006

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA MECÂNICA**

**UM MÉTODO PARA DESENVOLVIMENTO DE MEDIDAS DE DESEMPENHO  
COMO APOIO À GESTÃO DE SISTEMAS DE MANUFATURA**

**ADRIÁN GUILLERMO RICARDO LUCERO**

**ESTA TESE FOI JULGADA PARA OBTENÇÃO DO TÍTULO DE DOUTOR EM ENGENHARIA  
ESPECIALIDADE ENGENHARIA MECÂNICA E APROVADA EM SUA FORMA FINAL PELO  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA MECÂNICA**

---

**ABELARDO ALVES DE QUEIROZ, Ph.D. - ORIENTADOR**

---

**JOSÉ A. BELLINI DA CUNHA NETO, Dr. – COORDENADOR DO CURSO**

**BANCA EXAMINADORA**

---

**DÁLVIO FERRARI TUBINO, Dr. (UFSC)**

---

**JOÃO CARLOS ESPÍNDOLA FERREIRA, Ph.D. (UFSC)**

---

**GERSON TONTINI, Dr. (FURB)**

---

**PAULO LIMA, Dr. (UNICAMP)**

**Ficha Catalográfica**

LUCERO, Adrián Guillermo Ricardo.

Um método para desenvolvimento de medidas de desempenho como apoio à gestão de sistemas de manufatura. Florianópolis. UFSC, Curso de Pós-graduação em Engenharia Mecânica, 2006.

315p.

Tese de Doutorado em Engenharia Mecânica. Programa de Pós-graduação em Engenharia Mecânica – Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC – 2006.

Orientador: Abelardo Alves de Queiroz, Ph. D.

*A Mirela, esposa e  
companheira*

## AGRADECIMENTOS

A sensação de fechar uma etapa de pesquisa tão longa como esta é *sui generis*. Parece que será necessário muito tempo para saber qual é o verdadeiro sentimento, aquele que virá à tona cada vez que pensar no doutoramento. Sinceramente, espero que esse tempo não seja tanto quanto o gasto para dar forma a esta tese. Porém não é momento de tentar refletir sobre a etapa e sim de agradecer a todas as pessoas que de alguma forma contribuíram ao resultado deste trabalho.

A Mirela por razões que não se podem expressar com palavras, mas são sabidas profundamente por nós dois. A minha família inteira, por nos dar suporte afetivo.

Ao meu grupo de pesquisa, pessoas com as quais compartilhei assuntos técnicos e filosóficos neste longo tempo. Meu orientador Abelardo, meus colegas Liliana, Maurício, Gilberto, Carlos, Marisol, Darlene, Giancarlo, Gustavo, Hamilton, Cíntia e Vanessa. Em especial para Bruno, quem desenvolveu grande parte do *software* deste trabalho, entregando tempo e disposição à causa. Muito obrigado a todos.

Ao grupo de Instrumentos de Gestão do IEL/SC. Priscila, Cristiane, Fabricio, Rolf, Fausto, e outras pessoas que passaram pelo setor. A possibilidade de inserção profissional, de conhecer este Brasil imenso, de financiar minha pesquisa na última fase e de conhecer a parte mais importante de muitas empresas brasileiras, suas equipes de gestão operacional! Tudo isso me foi dado por este relacionamento. A todos, muito obrigado.

Às pessoas responsáveis pelo curso de Pós-graduação em Engenharia Mecânica da UFSC que confiaram em minhas possibilidades e habilidades quando outorgaram minha bolsa de Pós-graduação CNPq durante o mestrado e a CAPES que confiou em meu trabalho e outorgou a bolsa para este doutorado.

A todas as pessoas das empresas que contribuíram a este trabalho, em especial as pessoas da empresa que gentilmente abriu as portas para desenvolver o estudo longitudinal desta tese. Helvio, César, Celso, Ronaldo, Giselli, Ari, Denver. Obrigado!

Por fim, a todos os que contribuíram de alguma forma com este trabalho ou em atividades de meu passo pela academia.

## SUMÁRIO

<b>LISTA DE FIGURAS.....</b>	<b>XII</b>
<b>LISTA DE TABELAS.....</b>	<b>XVI</b>
<b>RESUMO.....</b>	<b>XIX</b>
<b>ABSTRACT.....</b>	<b>XX</b>
<b>RESUMEN .....</b>	<b>XXI</b>
 <b>1. INTRODUÇÃO À TESE.....</b>	 <b>1</b>
1.1 CONTEXTUALIZAÇÃO DO PROBLEMA DE PESQUISA .....	1
1.1.1 <i>A Era da Manufatura Enxuta e a Medição de Desempenho.....</i>	<i>2</i>
1.1.2 <i>A gestão de desempenho do sistema de manufatura .....</i>	<i>4</i>
1.2 OBJETIVO DA PESQUISA .....	6
1.3 O QUE SE ENTENDE POR MEDIÇÃO DE DESEMPENHO? .....	6
1.4 POR QUE MEDIÇÃO DE DESEMPENHO DO SISTEMA DE MANUFATURA? .....	8
1.5 POR QUE FOCO NA IMPLEMENTAÇÃO DE MELHORES SISTEMAS DE MEDIÇÃO DE DESEMPENHO?... ..	11
1.6 ESTRUTURA DA PESQUISA.....	12
1.6.1 <i>O modelo de referência.....</i>	<i>13</i>
1.6.2 <i>O método para desenvolvimento de medidas de desempenho.....</i>	<i>13</i>
1.6.3 <i>A pesquisa-ação em campo.....</i>	<i>13</i>
 <b>2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....</b>	 <b>15</b>
2.1 ESTRATÉGIA E OPERAÇÃO DO SISTEMA DE MANUFATURA .....	15
2.1.1 <i>Conteúdo da estratégia de manufatura.....</i>	<i>17</i>
2.1.2 <i>Os elementos da estratégia de manufatura.....</i>	<i>18</i>
2.1.3 <i>Competição por meio da manufatura.....</i>	<i>18</i>
2.1.4 <i>Busca de consistência interna e externa .....</i>	<i>21</i>
2.1.5 <i>Adoção das melhores práticas.....</i>	<i>22</i>
2.2 SISTEMAS DE MANUFATURA - MANUFATURA ENXUTA E GESTÃO DA ROTINA.....	29
2.2.1 <i>A empresa vista como um sistema .....</i>	<i>29</i>
2.2.2 <i>A Manufatura Enxuta - Lean Manufacturing .....</i>	<i>33</i>
2.2.2.1 <i>O modelo das 4Ps da Toyota.....</i>	<i>34</i>
2.2.2.2 <i>Filosofia (Philosophy).....</i>	<i>34</i>
2.2.2.3 <i>Pessoas e Parceiros (People and Partners) .....</i>	<i>35</i>
2.2.2.4 <i>Solução de problemas (Problem Solving).....</i>	<i>37</i>
2.2.2.5 <i>Sistema de manufatura (Process).....</i>	<i>39</i>
2.2.3 <i>Gestão da rotina.....</i>	<i>45</i>

2.2.3.1	Gestão da rotina e Seis Sigma .....	47
2.2.3.2	DMAIC - O método para atingir o alvo Seis Sigma .....	50
2.3	OS PRINCIPAIS MODELOS DE REFERÊNCIA DE MEDIDAS DE DESEMPENHO.....	52
2.3.1	<i>A medição tradicional, com base na contabilidade de custos .....</i>	52
2.3.2	<i>A década de 1980 e a crítica à medição de desempenho.....</i>	53
2.3.2.1	Desdobramento pelas diretrizes .....	54
2.3.2.2	A pirâmide de desempenho SMART (1988) .....	56
2.3.2.3	Matriz de Medição de Desempenho de Keegan (1989).....	57
2.3.2.4	Performance Measurement Questionnaire – PMQ .....	57
2.3.3	<i>A década de 1990 e a criação dos principais modelos de referência de sistemas de medição de desempenho .....</i>	59
2.3.3.1	Balanced Scorecard (BSC).....	59
2.3.3.2	A Abordagem de Harrington (1993).....	62
2.3.3.3	Modelo de Sink & Tuttle (1993).....	63
2.3.3.4	Modelo de Rumler e Brache (1994).....	63
2.3.3.5	Modelo de Brown (1996).....	64
2.3.3.6	Modelo Quantum (1994) .....	64
2.3.3.7	Sistema de Medição de Desempenho Integrado – Bititci <i>et alli</i> (1997).....	65
2.3.3.8	Sistema de Medição de Desempenho Integrado e Dinâmico – IDPMS (1997) .....	67
2.3.3.9	O modelo do prisma de Neely (1998) .....	68
2.4	OS MÉTODOS DE DESENVOLVIMENTO DE SISTEMAS DE MEDIÇÃO DE DESEMPENHO –SMD- EM EMPRESAS .....	69
2.4.1.1	Proposta de Globerson (1985).....	70
2.4.1.2	Método de Keegan <i>et alli</i> (1989).....	70
2.4.1.3	Método de Harrington (1993).....	70
2.4.1.4	Método de Sink e Tuttle (1993).....	71
2.4.1.5	Método de Rumler e Brache (1994).....	72
2.4.1.6	Método de Meyer (1994).....	72
2.4.1.7	Método de implementação Quantum (1994).....	72
2.4.1.8	Método de Kaplan e Norton (1997).....	73
2.4.1.9	Proposta de Kaydos (1999) .....	74
2.4.1.10	O método de Bourne, Mills & Neely (2000) .....	75
2.4.1.11	O método Transmeth e o desenvolvimento de medidas de desempenho (2000).....	75
2.4.1.12	Procedimento de Kiyan (2001) .....	76
2.5	TENDÊNCIAS DO NOVO SÉCULO EM PESQUISA SOBRE MEDIÇÃO DE DESEMPENHO.....	78
3	<b>O MODELO DE DESEMPENHO .....</b>	<b>80</b>
3.1	QUESTÕES INTRODUTÓRIAS SOBRE DESEMPENHO DE SISTEMAS DE MANUFATURA .....	80
3.1.1	<i>Sistemas de manufatura .....</i>	80
3.1.2	<i>Necessidades de informação para cada função dentro do sistema de manufatura...</i>	83

3.2	A EFICÁCIA EXTERNA E A EXCELÊNCIA OPERACIONAL INTERNA DO SISTEMA DE MANUFATURA .....	85
3.2.1	<i>Eficácia externa</i> .....	86
3.2.2	<i>Excelência operacional interna</i> .....	89
3.2.3	<i>A importância da rotina para o sistema de manufatura</i> .....	91
3.3	OBJETIVOS, FATORES E MEDIDAS DE DESEMPENHO .....	96
3.3.1	<i>Qualidade</i> .....	98
3.3.2	<i>Confiabilidade</i> .....	104
3.3.3	<i>Velocidade</i> .....	109
3.3.4	<i>Flexibilidade</i> .....	116
3.3.5	<i>Produtividade, eficiência e eficácia – Redução de custos de transformação</i> .....	119
3.3.6	<i>Satisfação e aprendizagem dos funcionários</i> .....	124
3.4	ALINHANDO EFICÁCIA EXTERNA E EXCELÊNCIA OPERACIONAL INTERNA .....	127
3.4.1	<i>A força da excelência operacional</i> .....	129
3.4.2	<i>A medição de desempenho e as unidades de desempenho</i> .....	132
3.4.3	<i>As unidades de desempenho padrão para a manufatura</i> .....	138
3.5	SÍNTESE DO MODELO DE REFERÊNCIA PARA O DESEMPENHO DO SISTEMA DE MANUFATURA – A EXCELÊNCIA OPERACIONAL .....	142
<b>4</b>	<b>O MÉTODO PARA DESENVOLVER SMD .....</b>	<b>145</b>
4.1	CARACTERÍSTICAS DESEJADAS DE UM SMD .....	145
4.2	ETAPA DE DEFINIÇÃO .....	147
4.2.1	<i>Aspectos a considerar na definição e análise do SMD existente</i> .....	147
4.2.1.1	O aspecto cultural .....	147
4.2.1.2	O aspecto tecnológico: Tecnologia de Informação – TI .....	148
4.2.1.3	Os procedimentos e instruções que regulamentam a operação .....	148
4.2.1.4	O modelo de desempenho já existente .....	149
4.2.1.5	O propósito de uso .....	149
4.2.2	<i>O diagnóstico rápido para definição</i> .....	150
4.2.3	<i>O diagnóstico – Resultados</i> .....	154
4.3	ETAPA DE ANÁLISE .....	158
4.3.1	<i>Mapeamento de Fluxo de Valor - entendendo o sistema de manufatura para conseguir desempenho excelente</i> .....	160
4.3.2	<i>A estratégia e organograma para o sistema de manufatura</i> .....	161
4.3.3	<i>O Mapa–arquétipo</i> .....	162
4.3.4	<i>Análise individual das medidas de desempenho</i> .....	163
4.3.5	<i>5 Porquês</i> .....	164
4.3.6	<i>5W 1H</i> .....	165
4.3.7	<i>Diagrama espinha de peixe</i> .....	165
4.3.8	<i>Diagrama de Pareto</i> .....	166
4.3.9	<i>Ferramentas estatísticas aplicadas à análise</i> .....	168



4.3.9.1	Correlação entre variáveis - Coeficiente r de Pearson .....	168
4.3.9.2	Correlação entre variáveis - encontrando a reta de regressão .....	169
4.4	ETAPA DE PROJETO DE MEDIDAS .....	171
4.4.1	<i>Criando infraestrutura para suportar a mudança - humanware</i> .....	172
4.4.1.1	O relatório A3 adaptado .....	174
4.4.1.2	Relacionamento entre medidas de desempenho – a unidade de desempenho .....	175
4.4.1.3	Uso das outras ferramentas .....	176
4.4.2	<i>Obtendo medidas de desempenho</i> .....	177
4.4.3	<i>Os componentes da medida</i> .....	182
4.4.3.1	Propósito .....	183
4.4.3.2	Nome da medida .....	183
4.4.3.3	O responsável pela atuação em função dos dados .....	183
4.4.3.4	Fórmula de cálculo e unidade de medição .....	183
4.4.3.5	Procedimento de coleta dos dados .....	184
4.4.3.6	Frequência de medição .....	184
4.4.3.7	Responsável pela coleta .....	184
4.4.3.8	Fonte de dados .....	184
4.4.3.9	<i>Benchmark</i> .....	184
4.4.3.10	Meta .....	185
4.4.4	<i>Identidade da medida</i> .....	185
4.5	ETAPA DE IMPLEMENTAÇÃO .....	186
4.5.1	<i>Por onde começar?</i> .....	186
4.5.2	<i>Responsabilidade pela implementação de cada medida</i> .....	187
4.5.3	<i>A coleta ou aquisição</i> .....	187
4.5.4	<i>A estabilização da medida</i> .....	187
4.5.5	<i>Implementando a meta</i> .....	190
4.5.6	<i>Responsabilidades do mestre das medidas</i> .....	192
4.5.6.1	Disseminação das medidas (Gráficos à vista) .....	192
4.5.6.2	Ficha de identidade das medidas de desempenho .....	194
4.5.6.3	Reuniões periódicas de avaliação de desempenho .....	195
4.6	ETAPA DE USO PILOTO .....	196
4.6.1	<i>Análise sobre as medidas individuais - entendendo variação</i> .....	196
4.6.2	<i>Ferramentas estatísticas para séries temporais aleatórias – Os gráficos de comportamento de Shewhart e o CUSUM</i> .....	198
4.6.2.1	Gráfico de comportamento de indivíduos (XmR) .....	201
4.6.2.2	Gráficos de comportamento X e R .....	202
4.6.2.3	Gráficos de comportamento para atributos .....	202
4.6.2.4	Gráficos CUSUM .....	204
4.6.3	<i>Ferramentas para estudo de séries temporais não aleatórias</i> .....	206
4.6.3.1	Amaciamentos simples .....	208

4.6.3.2	Amaciamentos exponencial .....	209
<b>4.6.4</b>	<b>Os tipos usuais de comportamento das variáveis medidas – Análise qualitativo.....</b>	<b>209</b>
4.6.4.1	Tendência.....	210
4.6.4.2	Ciclos.....	210
4.6.4.3	Instabilidade .....	210
4.6.4.4	Misturas.....	211
4.6.4.5	Excentricidades .....	211
<b>4.6.5</b>	<b>Análise sobre as unidades de desempenho .....</b>	<b>211</b>
4.6.5.1	Gráfico de dispersão e regressão linear simples – estudando as relações causais.....	212
4.6.5.2	Regressão linear múltipla – estudando as relações causais .....	213
4.6.5.3	A matriz de relacionamento – estudando as relações causais .....	217
<b>4.6.6</b>	<b>O papel do mestre das medidas na revisão periódica de desempenho.....</b>	<b>218</b>
<b>4.6.7</b>	<b>Refinamento, melhoria e manutenção das medidas - um ciclo contínuo .....</b>	<b>220</b>
<b>4.7</b>	<b>AVALIAÇÃO DO MÉTODO DE AVALIAÇÃO E DESENVOLVIMENTO DAPIU.....</b>	<b>221</b>
<b>4.8</b>	<b>SÍNTESE DO MÉTODO.....</b>	<b>222</b>
<b>4.9</b>	<b>O SOFTWARE DAPIU PARA DIAGNÓSTICO E GERENCIAMENTO DO SMD .....</b>	<b>223</b>
4.9.1	O catálogo de medidas de desempenho .....	224
4.9.2	O Diagnóstico.....	224
4.9.3	O centro de comandos dos indicadores.....	225
<b>5</b>	<b>PESQUISA DE CAMPO .....</b>	<b>227</b>
5.1	MACRO-PROJETO DE PESQUISA.....	228
5.1.1	Seleção do procedimento de pesquisa .....	228
5.1.1.1	Procedimento de pesquisa escolhido para a Fase I .....	229
5.1.1.2	Procedimento de pesquisa escolhido para a Fase II .....	231
5.2	O MODELO DE QUATRO ESTÁGIOS PARA O PROCEDIMENTO DE PESQUISA.....	231
5.3	CASO PILOTO: EMPRESA A - SETOR MÁQUINAS E EQUIPAMENTOS MÉDICOS .....	232
5.4	ESTUDO DE CASO SIMPLES SOBRE A MEDIÇÃO DE DESEMPENHO NA EMPRESA A S/A .....	233
5.5	FASE II PARA A EMPRESA A: PESQUISA-AÇÃO - APLICAÇÃO DO DIAGNÓSTICO .....	241
5.5.1	Etapa prévia à visita dos facilitadores à empresa.....	241
5.5.1.1	Escolha do grupo de funcionários para responder ao módulo I do Questionário Diagnóstico .....	241
5.5.1.2	Constituição da equipe de diagnóstico para consenso do módulo II do Questionário Diagnóstico.....	242
5.5.1.3	Preparação de documentação sobre medição de desempenho do sistema de manufatura .....	243
5.5.1.4	Obtenção de apoio da gerência .....	243
5.5.2	Aplicação Empresa A: 1º Dia do Diagnóstico rápido .....	243
5.6	OBSERVAÇÕES E APRENDIZAGEM DERIVADOS DA APLICAÇÃO.....	245
5.6.1	Questionário Individual: Módulo I.....	246
5.6.2	Questionário para Consenso: Módulo II.....	246
5.6.3	Visita às instalações e acesso a documentação sobre medidas de desempenho... ..	246
5.7	A ANÁLISE DO SMD .....	247

5.8	O PROJETO DO SMD .....	248
5.8.1	<i>Os passos do projeto</i> .....	248
5.8.2	<i>Observações e aprendizagem do projeto</i> .....	253
5.9	A IMPLEMENTAÇÃO DO SMD .....	254
5.10	LANÇAMENTO E USO.....	255
5.11	AValiação DO MÉTODO DE DESENVOLVIMENTO .....	256
5.12	CONSIDERAÇÕES FINAIS .....	258
<b>6</b>	<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS.....</b>	<b>259</b>
6.1	DISCUSSÃO SOBRE OS OBJETIVOS DA PESQUISA .....	259
6.2	CONTRIBUIÇÕES.....	260
6.3	LIMITAÇÕES E CRÍTICAS AO TRABALHO.....	261
6.4	PROPOSTAS PARA TRABALHOS FUTUROS.....	262
6.5	CONSIDERAÇÕES FINAIS .....	263
<b>7</b>	<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>264</b>

## APÊNDICES

APÊNDICE A - Guia para o líder-arquiteto do diagnóstico do SMD

APÊNDICE B - Questionário diagnóstico rápido: Módulo I

APÊNDICE C - Questionário diagnóstico rápido: Módulo II

APÊNDICE D – Lista de verificação do diagnóstico rápido: Módulo III

APÊNDICE E - Ficha avaliação do Método DAPIU

APÊNDICE F - Identidade das medidas de desempenho desenvolvidas no estudo de campo.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1. A gestão do desempenho e a posição do sistema de medição do desempenho. Adaptado Bititci <i>et alli</i> (1997).	5
Figura 2. Modelo do caminho seguido para desenvolver esta tese. Elaborada pelo autor.	13
Figura 3. Modelo seguido para o desenvolvimento da revisão bibliográfica sobre estratégia de manufatura. Elaborada pelo autor.	17
Figura 4. Elementos da estratégia de manufatura. Fonte: Leong <i>et alli</i> (1990)	18
Figura 5. Os estágios evolutivos da estratégia de manufatura. Fonte: Wheelwright e Hayes (1984).	20
Figura 6. Categorias do Prêmio Nacional de Qualidade Malcom Baldrige. Fonte: <i>Baldrige National Quality program: Criteria for performance excellence</i> . p. 5	25
Figura 7. Modelo de excelência EFQM. Fonte: <i>EFQM Association</i> .	26
Figura 8. Modelo FNPQ de excelência empresarial. Fonte: FPNQ – Critérios de excelência.	27
Figura 9. Relação entre macro-processos e funções da empresa. Adaptado Carpinetti (2000).	30
Figura 10. Classificação dos processos segundo a APQC. Fonte APQC (2002).	32
Figura 11. Classificação CIM-OSA de processos de negócio. Adaptado: Bititci (2002b).	33
Figura 12. O modelo das 4P da Toyota. Adaptado Liker (2004).	34
Figura 13. O Sistema Toyota de Produção. Adaptada Léxico Lean (2003).	40
Figura 14. Exemplo de MFV. Fonte: Rother e Shook (2003).	45
Figura 15. Classificação de operações em empresas de manufatura. Adaptado Shingo (1988).	46
Figura 16. Esquema de Desdobramento das Diretrizes. Adaptado de Martins (1999).	55
Figura 17. Ciclo anual de desdobramento. Adaptado Martins (1999).	55
Figura 18. A pirâmide SMART. Fonte: Cross & Lynch (1988).	56
Figura 19. Matriz de medição de desempenho. Fonte: Martins (1999).	57
Figura 20. Fases do PMQ. Elaborada pelo autor.	58
Figura 21. O modelo de referência Balanced Scorecard. Fonte: Kaplan e Norton (1997).	60
Figura 22. O modelo da cadeia de valores genérica. Fonte: Kaplan & Norton (1997:102)	61
Figura 23. Relacionamento formal entre perspectivas. Elaborada pelo autor.	62
Figura 24. Modelo de referência de Sink e Tuttle. Fonte: Nãuri (1998)	63
Figura 25. Modelo de Brown para medição de desempenho.	64
Figura 26. Matriz de desempenho Quantum. Fonte: Hronec (1994).	65
Figura 27. Modelo de referência de Bititci. Adaptado Bititci (2002).	65
Figura 28. SMD integrado e dinâmico. Fonte: Ghalayini <i>et alli</i> (1997).	67
Figura 29. O modelo do Prisma de Neely. Fonte: Neely (1999)	68
Figura 30. Estágios para implementação de Medidas de Desempenho. Fonte: Martins (1999).	70
Figura 31. Método de implementação de medidas de desempenho de Sink e Tuttle. Fonte: Martins (1999: 102)	71
Figura 32. Método de implementação Quantum. Fonte: Hronec (1994).	72

Figura 33. Cronograma de atividades para desenvolver um BSC. Fonte: Kaplan e Norton (1997). .....	74
Figura 34. Fases no desenvolvimento de SMD. Fonte: Bourne <i>et alli</i> (2000: 757).....	75
Figura 35. Transmeth para desenvolver medidas de desempenho. Fonte: Rentes (2000: 189) ..	76
Figura 36. Macro-estrutura da proposta de desenvolvimento de medidas de desempenho. Fonte: Kiyan (2001: 62) .....	77
Figura 37. Hierarquias, sistema de manufatura e <i>stakeholders</i> . Adaptado Bititci (2002a).....	81
Figura 38. Fluxos de materiais e de pessoas do sistema de manufatura. Fonte: Shingo (1996). 82	
Figura 39. O sistema de manufatura. Elaborada pelo autor. ....	83
Figura 40. Níveis de decisão e funções dentro da Empresa. Adaptada Campos (1992).....	84
Figura 41. Decisões periódicas e por evento. Elaborada pelo autor.....	84
Figura 42. O ciclo de vida do produto e as exigências para o sistema de manufatura. ....	88
Figura 43. Classificação de unidades de negócio segundo os eixos complexidade do produto- incerteza do mercado. Adaptado Bititci (2002b). ....	89
Figura 44. Modelo de atuação sobre os desperdícios para atingir a excelência operacional. Elaborada pelo autor. ....	91
Figura 45. Quadro de capacidade do processo. Fonte: Lécico Lean (2003). ....	92
Figura 46. Tabela de Trabalho Padronizado Combinado. Fonte: Lécico Lean (2003).....	93
Figura 47. Diagrama de trabalho padronizado. Fonte: Lécico Lean (2003).....	94
Figura 48. Etapas de Implementação da Gestão da Rotina Diária do Trabalho. Adaptado de Merli (1993). ....	95
Figura 49. Formas de melhorar a qualidade do produto em operação. Adaptado Pfeifer (1999). 99	
Figura 50. O modelo tradicional para o Custo da qualidade. Fonte: Wheeler (2000). ....	101
Figura 51. Um modelo mais realístico de custos da qualidade. Fonte: Wheeler (2000).....	102
Figura 52. O modelo de custo de excesso combinado com a função de probabilidade. Fonte: Wheeler (2000).....	103
Figura 53. A curva da banheira. Adaptada Slack <i>et alli</i> (1997). ....	106
Figura 54. Representação dos elementos do OEE. Elaborada pelo autor. ....	109
Figura 55. Tempos em um sistema de manufatura. Adaptada Lécico Lean (2003).....	111
Figura 56. Tempo aparente de fabricação. Fonte: Lucero (2001).....	113
Figura 57. Relação Pirâmide de Maslow vs. Satisfação. Elaborada pelo autor.....	125
Figura 58. Estrutura técnica vs. Estrutura social da empresa. Adaptada Liker (2004). ....	126
Figura 59. Objetivos de desempenho e suas dimensões externa e interna. Adaptada Slack <i>et alli</i> (1997). ....	127
Figura 60. Correlação para o banco de dados MiB. Fonte: Seibel (2004).....	129
Figura 61. Gráfico de dispersão do banco de dados PMPEI atual. Fonte: IEL/SC. ....	129
Figura 62. O custo melhorado pela excelência operacional. Adaptada Slack <i>et alli</i> (1997).....	131
Figura 63. A excelência operacional e as áreas de importância para o bom desempenho no longo prazo. Elaborada pelo autor. ....	132
Figura 64. Relação causa-efeito linear. ....	134

Figura 65. Análise linear. Elaborada pelo autor. ....	134
Figura 66. Padrões de comportamento em sistemas complexos. Elaborada pelo autor. ....	135
Figura 67. Os quatro grandes padrões de comportamento de sistemas. ....	136
Figura 68. O mapa causal da excelência operacional. Elaborado pelo autor. ....	139
Figura 69. Flexibilidade de mix e de volume. Elaborada pelo autor. ....	140
Figura 70. A confiabilidade na entrega. Elaborada pelo autor. ....	141
Figura 71. Velocidade de chegada ao mercado (com novos produtos). Elaborada pelo autor. ....	141
Figura 72. Unidade de desempenho para qualidade. Elaborada pelo autor. ....	142
Figura 73. O Modelo de Referência. Elaborado pelo autor. ....	144
Figura 74. Caracterização da ferramenta de Diagnóstico. Elaborada pelo autor. ....	151
Figura 75. Exemplo de pergunta em questionário baseado em cenários. Elaborada pelo autor. ....	153
Figura 76. Parte da lista de verificação para visita às instalações e acesso a documentação sobre medidas de desempenho. Elaborada pelo autor. ....	154
Figura 77. Análises realizadas no diagnóstico. Elaborada pelo autor. ....	154
Figura 78. Análise dos fatores estratégicos e a importância relativa para os gestores. Elaborada pelo autor. ....	156
Figura 79. Análise de congruência. Elaborada pelo autor. ....	157
Figura 80. Análise de equilíbrio entre os objetivos de desempenho. Elaborada pelo autor. ....	157
Figura 81. Relação entre práticas facilitadoras para um desenvolvimento de medidas de desempenho. Elaborada pelo autor. ....	158
Figura 82. Kaizen de fluxo e kaizen de processo. Léxico Lean (2003). ....	160
Figura 83. Mapa do estado atual para uma empresa hipotética. Fonte Rother e Shook (2003). ....	161
Figura 84. O Mapa-arquétipo e as principais medidas de desempenho para o sistema de manufatura. Elaborada pelo autor. ....	162
Figura 85. Diagrama de Ishikawa típico. Adaptado Ishikawa (1968). ....	166
Figura 86. Diagrama de Pareto para os defeitos ao montar um Produto A hipotético. ....	167
Figura 87. Perguntas que devem ser respondidas para a mudança. Adaptada Rentes (2000). ....	173
Figura 88. A configuração mínima de <i>humanware</i> para a mudança do SMD. ....	173
Figura 89. Primeira parte do Relatório A3 adaptado. Adaptado Rother e Shook (2003). ....	175
Figura 90. Segunda parte do Relatório A3 adaptado. Adaptado Rother e Shook (2003). ....	175
Figura 91. Diferença entre o desdobramento pelas diretrizes e o desdobramento proposto nesta tese. Elaborada pelo autor. ....	178
Figura 92. Método para projetar as medidas de desempenho na prática. Elaborada pelo autor. ....	179
Figura 93. Os diferentes times de implementação. Adaptada Rentes (2000). ....	186
Figura 94. Causas de variação em SMD. Adaptado MSA (1995). ....	188
Figura 95. Diagrama de Youden para analisar a confiabilidade dos dados. Fonte: NIST/SEMATECH (2006). ....	189

Figura 96. Os elementos importantes para a visualização de uma medida de desempenho. Elaborada pelo autor. ....	193
Figura 97. Medida de desempenho e sua variação natural. Elaborada pelo autor. ....	193
Figura 98. Planilha de visualização de uma medida de desempenho contendo plano de ação. Elaborada pelo autor. ....	194
Figura 99. Comportamento da entrega em prazo ao cliente. Elaborada pelo autor.....	199
Figura 100. Região crítica para o exemplo. Adaptado Montgomery e Runger (2003:144). ....	201
Figura 101. Exemplo de correlação entre variáveis. Elaborada pelo autor.....	212
Figura 102. Saída do <i>Statistica</i> ® .....	216
Figura 103. Exemplo de tabela do <i>Statistica</i> ® .....	217
Figura 104. Análise de regressores mais importantes. Elaborada pelo autor.....	218
Figura 105. Ação para a melhoria da excelência operacional por meio de medidas de desempenho.....	220
Figura 106. Barreiras para o desenvolvimento de SMD. Fonte: Kennerley e Neely (2002).....	221
Figura 107. Módulo inicial do <i>software</i> para tratamento de dados.....	223
Figura 108. Repositório de medidas em banco de dados.....	224
Figura 109. Imagem do Módulo Diagnóstico do <i>software</i> DAPIU.....	225
Figura 110. Imagem do Centro de comandos DAPIU.....	226
Figura 111 - Macro-projeto de pesquisa. Elaborada pelo autor. ....	228
Figura 112. Modelo de quatro estágios para esta pesquisa. Elaborada pelo autor .....	232
Figura 113. Chão de fábrica da Empresa A. Reprodução com permissão da Empresa .....	234
Figura 114. Atividades do primeiro dia. Elaborada pelo autor. ....	244
Figura 115. Passos do Diagnóstico depois da pesquisa-ação. Elaborada pelo autor. ....	247
Figura 116. Os problemas do dia-a-dia. Foto em campo.....	250
Figura 117. Problemas originais em slide apresentado em campo. ....	250
Figura 118. Os problemas analisados. Fotografia durante a aplicação em campo. ....	251
Figura 119. Exemplo de problema analisado. ....	251
Figura 120. Fatores abordados pelas medidas de desempenho criadas. Elaborada pelo autor.....	253
Figura 121. Modelo de relacionamento causal para as medidas criadas na Empresa A.....	255

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Comparação entre as Eras de produção em massa e manufatura enxuta. Adaptada LEPIKSON, 1998. p.8.....	4
Tabela 2. Comparação entre a missão da Toyota e da Ford. Fonte: Liker (2004).....	35
Tabela 3. Atividades típicas dos diferentes níveis de gestão para o sistema de manufatura. Adaptada Liker (2004). ....	36
Tabela 4. Comparação do Seis Sigma com TQC. Fonte: Rios (2006). ....	49
Tabela 5. Atributos das medidas segundo horizonte temporal. Elaborada pelo autor. ....	85
Tabela 6. Objetivos de desempenho e fatores usuais. Adaptado: Slack (2002).....	97
Tabela 7. Comparação entre processamento em lote e transferência unitária para fluxo balanceado. Adaptada Shingo (1988). ....	114
Tabela 8. Comparação entre processamento em lote e transferência unitária para fluxo desbalanceado. Elabora pelo autor. ....	115
Tabela 9. Diferentes formas de medir tempos de atravessamento do sistema de manufatura. Elaborada pelo autor. ....	116
Tabela 10. Dimensões da flexibilidade. Adaptado Dixon <i>et alli</i> (1990). ....	117
Tabela 11. Valores unitários. Adaptada Hayes <i>et alli</i> (1988). ....	121
Tabela 12. Cálculo da Produtividade Total. Adaptada Hayes <i>et alli</i> (1988). ....	122
Tabela 13. Cálculo da lucratividade das operações. Adaptada Hayes <i>et alli</i> (1988). ....	122
Tabela 14. Resumo da análise de produtividade e lucratividade. Adaptada Hayes <i>et alli</i> (1988). ....	122
Tabela 15. Características desejadas nos SMD. Adaptado Neely (1996:425) ....	146
Tabela 16. PMQ modificado. Adaptado Dixon <i>et alli</i> (1990). ....	152
Tabela 17. Formulário para avaliação de cada medida do SMD. Elaborado pelo autor. ....	164
Tabela 18. Tabela resumo do método 5W 1H. Elaborada pelo autor. ....	165
Tabela 19. Proposta de tempos de meia-vida de Schneiderman. Adaptada Dixon <i>et alli</i> (1990). ....	191
Tabela 20. Exemplo para ilustrar o amaciamento pela média móvel. Elaborada pelo autor. ....	208
Tabela 21. Análise de variância para testar a significância da regressão ....	216
Tabela 22. Relação entre fatores de escolha e procedimentos de pesquisa usuais em gestão da manufatura. Adaptada Yin (1989: 17).....	229
Tabela 23. Características gerais da EMPRESA A S/A.....	234
Tabela 24. Programa de atividades dos facilitadores, materiais e método.....	245



## LISTA DE ACRÔNIMOS E GLOSSÁRIO

**Andon:** ferramenta de gestão visual que mostra o estado das operações de um setor.

**APQC:** *American Productivity & Quality Center.*

**Black Belt:** Cinto Preto. Pessoa com capacitação técnica em estatística e processos que lhe permitem abordar problemas complexos de sistemas de manufatura e comandar outras pessoas.

**BSC:** *Balanced Scorecard.*

**CAD:** *Computer Aided Design* (auxílio computadorizado por computador).

**CAE:** *Computer Aided Engineering* (Engenharia auxiliada por computador).

**CAM:** *Computer Aided Manufacturing* (Manufatura auxiliada por computador).

**Capabilidade:** capacidade técnica dos processos.

**CCQ:** Círculos de Controle da Qualidade.

**CIM-OSA:** *Computer Integrated Manufacturing – Open System Architecture.*

**5S:** Senso de utilização, Senso de organização, Senso de limpeza, Senso de padronização e senso de autodisciplina. Programa útil para a produção enxuta e o gerenciamento visual.

**CMC:** Comprimento Médio da Corrida.

**CUSUM:** acrônimo utilizado para gráfico de somas acumulativas.

**DMAIC:** *Define, Measure, Analysis, Improve and Control.* Método padrão do Seis Sigma.

**DNA:** Ácido Desoxirribonucleico.

**DPMO:** Defeito por milhão de oportunidades.

**ECM:** Eficiência de Ciclo da Manufatura.

**EDA:** *Exploratory Data Analysis.*

**EFQM:** *European Foundation for Quality Management.*

**ERP:** *Enterprise Resource Planning* (planejamento de recursos da organização).

**FMS:** *Flexible Manufacturing System* (sistema flexível de manufatura).

**FNPQ:** Fundação para o Prêmio Nacional de Qualidade, atualmente chamada FNQ (Fundação Nacional da Qualidade).

**FTP:** Fator de Produtividade Total.

**Genchi genbutsu:** termo japonês para descrever a prática de observação *in loco*.

**Green Belt:** Cinto Verde. Pessoa com capacitação técnica em estatística e processos que lhe permitem abordar problemas complexos de sistemas de manufatura.

**Heijunka:** balanceamento da produção.

**Hoshin kanri:** Desdobramento pelas diretrizes.

**IPMS:** *Integrated Performance Measurement System.*

**ISO:** *International Organization for Standardization.*

**Jidoka:** Automação. Automação com presença humana.

**JIT:** *Just-In-Time.*

**JUSE:** *Japanese Union of Scientists and Engineers.*

**Kaizen:** termo japonês para melhoria contínua.

**KMA:** *Key Metric Approach.*

**LEP:** Lote Econômico de Produção.

**MFV:** Mapeamento de Fluxo de Valor (em inglês VSM: *value stream mapping*).

**MIT:** *Massachusetts Institute of Technology*.

**MP:** Matéria-prima.

**MPS:** *Master Production Schedule* (programa mestre de produção).

**MRP:** *Materials Requirement Planning* (planejamento de requisitos de materiais).

**MRPII:** *Manufacturing Resources Planning* (planejamento dos recursos da manufatura).

**MSS:** Meio ambiente, Saúde e Segurança.

**Muda:** Desperdício. Qualquer atividade que consuma recursos sem agregar valor para o cliente.

**OMCD:** *Operations Management Consulting Division*.

**OTIF:** *On-Time-In-Ful* (Entrega em tempo do pedido perfeito).

**PCP:** Planejamento e Controle da Produção.

**PDCA:** *Plan-Do-Check-Act*. Ciclo para a melhoria contínua proposto por Deming.

**PMQ:** *Performance Measurement Questionnaire*.

**PMS:** *Performance Measurement Systems*.

**PRISM:** Modelo de desempenho proposto por Andy Neely.

**RTY:** *Rolled Throughput Yield*.

**Sensei:** termo japonês para designar professor, líder pelo conhecimento prático.

**Setup:** tempo de preparação e ajuste dos recursos da manufatura.

**SMART:** Modelo de desempenho pioneiro em considerar desempenhos financeiros e operacionais em forma balanceada.

**SMD:** Sistema de Medição de Desempenho.

**SolidWorks®:** Software comercial que integra CAD/CAM/CAE.

**STP:** Sistema Toyota de Produção.

**Tempo takt:** Ritmo de fabricação como determinado pelo cliente.

**TQC:** *Total Quality Control* (controle total da qualidade).

**TQM:** *Total Quality Management*.

**TSSC:** *Toyota Supplier Support Center*.

**UGB:** Unidade Gerencial Básica, composta por supervisores e funcionários.

**VB:** *Visual Basic* (linguagem de computação).

**VSM:** *Viable System Model*. Proposta de Beer para entender sistemas complexos.

**WCM:** *World Class Manufacturing*.

**WIP:** *Work-In-Process*. Estoques de material em processo.

## RESUMO

As empresas brasileiras de manufatura estão prestando cada vez mais atenção à melhoria de seu desempenho operacional, aceitando que é o único caminho para serem competitivas no meio e longo prazo e desta forma saindo da visão curto prazista onde melhorias operacionais são principalmente avaliadas como aumentos inaceitáveis de custos de produção. A gestão da manufatura deve assegurar uma correta padronização das operações, o cumprimento destes padrões e sua melhoria contínua, usando isto como base para a sincronização dos fluxos de materiais, pessoas e informação. Esta é a chave da manufatura enxuta (*lean*) que tanto sucesso operacional está oferecendo às empresas que se aprofundaram em sua implementação. Nesta tese apresenta-se um método completo: diagnóstico, projeto e implementação; para desenvolvimento de medidas de desempenho como suporte à gestão operacional na sua principal responsabilidade de aprimorar o sistema de manufatura sob seu comando. O modelo de referência do considerado bom desempenho para um sistema de manufatura também é apresentado. A abordagem de desdobramento de medidas baseada nas necessidades dos gestores do sistema de manufatura e a ferramenta de diagnóstico rápido constituem-se como contribuições originais do método e desta pesquisa. Foi desenvolvida pesquisa-ação para testar a aplicabilidade do método e se comprovou que através dele pode-se gerar a suficiente motivação na empresa para iniciar um processo de transformação que leve ao projeto de um novo sistema de medição de desempenho. Como parte desta pesquisa também foi desenvolvido um *software* de apoio à gestão de desempenho de empresas onde se criam, visualizam, modificam e eliminam medidas de desempenho, se apresenta um banco de dados com idéias de mais de 50 medidas de desempenho, se podem realizar as análises estatísticas básicas para filtrar ruídos de sinais, e gerar muitos dos relatórios necessários para facilitar a revisão crítica do desempenho das empresas.

**Palavras chave** – Sistemas de medição de desempenho - SMD, Sistemas de manufatura, Excelência operacional.

## ABSTRACT

New technologies and programs for operational performance improvement are in the daily industrial managers agenda. Nowadays, the Brazilian manufacturing companies are recognizing that this is the only way to achieve long-term sustainable growth and that is necessary see beyond the short-term financial goals. Manufacturing management must work to reach high operational standards, using this as a start point to synchronize materials, people and information fluxes. This is the key point to lean manufacturing that so much operational success is bringing to companies who have seriously implemented these practices.

In this thesis a complete method for development of performance metrics is presented: diagnosis, project and implementation of manufacturing performance measurement systems (PMS). The proposal is to diagnose the health of the measurement system in use and possible points of improvement. The model of performance for backwards of the diagnosis is presented and explained in detail. Rapid diagnosis, deployment of measures and performance deployment method are presented as original contributions from this research method can be considered originals contributions of this research. Action-research was developed to test the applicability and the findings show that through this method can be reached great motivation to change, to begging a transformation process for a new PMS. It was developed, too, software with a dataset of more 50 performance metrics. This software helps to obtain statistical analysis to assist in critical revision of manufacturing.

**Keywords:** Performance Measurement Systems, Manufacturing Performance, Manufacturing Management.

## RESUMEN

Las empresas brasileras de manufactura están prestando cada vez más atención a la mejoría de su desempeño operacional, aceptando que es el único camino para ser competitivas a largo plazo e de esta forma saliendo de la visión de corto plazo donde mejoras operacionales son evaluadas como aumentos inaceptables de costos productivos. La gestión de la manufactura debe asegurar una correcta estandarización de las operaciones, su cumplimiento e su mejoría continua; usando esto como base para la sincronización de los flujos de materiales, personas e información. Esta es la clave de la manufactura *lean* que tanto suceso operacional está ofreciendo a las empresas que optaron por implementarla. En esta tesis se presenta un método completo: diagnóstico, proyecto e implementación; para desarrollo de medidas de desempeño como soporte a la gestión operacional en su principal responsabilidad de mejorar el sistema de manufactura sobre su comando. El modelo de referencia de lo que se considera buen desempeño para un sistema de manufactura también es mostrado. El método presentado con su abordaje de desdoblamiento de medidas basado en las necesidades reales de gestores del sistema de manufactura y con su técnica de diagnóstico rápido constituyen contribuciones originales de esta investigación. Fue desarrollada *action research* para evaluar a aplicabilidad del método y se encontró que por medio del mismo se puede generar la suficiente motivación en la empresa para iniciar un proceso de transformación que lleve al proyecto de un nuevo sistema de medición de desempeño. Como parte de esta investigación también fue desarrollado un software de apoyo a la gestión del desempeño de empresas donde se crean, visualizan, modifican e eliminan medidas de desempeño, se presenta un banco de datos con ideas de más de 50 medidas de desempeño, se pueden realizar los análisis estadísticos básicos para filtrar ruidos de señales en los datos, y aun se pueden generar muchos de los informes necesarios para facilitar la revisión crítica del desempeño de empresas.

**Palabras claves** – Sistemas de medición de desempeño - SMD, Sistemas de manufactura, Excelencia operacional.

## 1. INTRODUÇÃO À TESE

*Conte o que é contável, meça o que é mensurável, o que não é mensurável faça-o mensurável. Galileu Galilei.*

A presente tese de doutorado é parte integrante de uma linha de pesquisa iniciada em fevereiro de 2002 no Geteq – Grupo de pesquisa em gestão, tecnologia e qualidade de sistemas de manufatura - sobre medição e gestão de desempenho em empresas de manufatura. A proposta desta pesquisa, que se constitui em um tema dentro da linha de pesquisa apresentada, é desenvolver um método para diagnóstico, projeto e implementação de medidas de desempenho como suporte à gestão de desempenho de sistemas de manufatura enxutos (*lean manufacturing systems*). A melhoria de sistemas de manufatura é o grande escopo do Geteq e espera-se com este trabalho contribuir ao conhecimento dos Sistemas de Manufatura Enxutos e, ao mesmo tempo, à nova disciplina Gestão de Desempenho.

### 1.1 Contextualização do problema de pesquisa

Sabe-se que as empresas de todos os setores industriais estão suportando uma enorme pressão por aumentar a eficiência operacional, a eficácia e adaptabilidade aos mercados nos quais atuam. Atualmente, reconhece-se como muito importante a contribuição da gestão dos processos da empresa para a melhoria de seu desempenho, entendendo por processos as seqüências lógicas de atividades dependentes que utilizam os recursos da empresa para criar produtos - bens e serviços - para os seus clientes. É considerada tão importante esta contribuição, que foi incorporada decididamente na nova versão das normas ISO 9000:2000 de requisitos para o sistema de gestão da qualidade de uma organização. O item 0.2 da ISO 9001:2000 introduziu o conceito de abordagem por processo: “Esta norma promove a adoção de uma abordagem de processo para o desenvolvimento, implementação e melhoria da eficácia de um sistema de gestão da qualidade para aumentar a satisfação do cliente pelo atendimento aos requisitos do cliente.” (NBR ISO 9001, 2000). Isto é assim porque os clientes, no seu relacionamento com seus fornecedores, caracterizam a empresa pela qualidade, preço, confiabilidade e flexibilidade de seus produtos (produto neste texto é entendido como bem ou serviço) que em última instância são atributos dos diferentes processos da empresa e não atributos de seu organograma.

O sistema de manufatura, sistema produtivo ou simplesmente manufatura é o arranjo físico de pessoas, equipamentos, procedimentos e materiais com o fim de criar os bens tangíveis de empresas. Para criar estes bens, dentro do sistema de manufatura desenvolve-se um dos macro-processos operacionais principais dentro das empresas, o macro-processo produtivo de criação de valor para o cliente por meio dos bens e serviços da empresa. Portanto, o sistema de manufatura tem um rol crucial no desempenho das empresas.

Sem querer se estender na definição de sistemas, pode-se usar a definição de Hitomi (1979) para mostrar os elementos de um sistema e entender o porque do macro-processo citado estar incluído no sistema de manufatura:

1. Um sistema consiste em um número plural de elementos distinguíveis;
2. Deve existir relação entre os elementos para se diferenciar de grupo e de conjunto;
3. Deve ter um objetivo ou objetivos comuns alcançados através de **processos** ou funções do sistema;
4. Deve ter capacidade de adaptação ao meio ambiente, sendo que o sistema é influenciado pelo meio ambiente e vice-versa.

Como se pode ver na definição de sistema, esta inclui processos. O item três mostra que o sistema é definido por um objetivo ou objetivos que são alcançados por meio de processos ou seqüências lógicas de atividades. O objetivo principal é a criação de valor para o cliente, alcançado pela criação eficiente, eficaz e adaptável de bens de manufatura com as funcionalidades adequadas ao público alvo. Já o apoio aos serviços que a empresa oferece é o objetivo secundário ou complementar do sistema de manufatura.

Este trabalho foca em uma das técnicas para melhorar sistemas de manufatura que é chave para a gestão do desempenho de empresas de manufatura: a medição de desempenho. Medir desempenho é a principal ferramenta de apoio para a gestão científica, baseada em fatos que pode levar ao sistema de manufatura, à empresa e à sociedade a alcançarem novos e maiores patamares de eficiência e eficácia, contribuindo ao desenvolvimento sustentado de nossa sociedade por meio de melhor condição de vida de seus trabalhadores, melhor atendimento aos clientes e respeito ao meio ambiente.

Medir desempenho não é um assunto conceitualmente moderno e nem um fim por si próprio, mas sim um meio para alcançar um fim. Então, para contextualizar o assunto e entender a relevância atual da pesquisa, tem-se que procurar pelas causas do fenômeno na grande mudança do ambiente de negócios nas últimas quatro décadas.

### 1.1.1 A Era da Manufatura Enxuta e a Medição de Desempenho

Medir desempenho não é uma técnica de gestão moderna sob nenhum ponto de vista, embora pesquisadores desta disciplina possam querer que assim seja. Então, por que se falar do fenômeno medição do desempenho? Por que a importância crescente deste campo de estudo? Acontece que a forma de medir sofreu uma mudança muito grande com a chegada ao ocidente das técnicas japonesas de gestão da manufatura e os seus surpreendentes resultados. Esta nova Era pode ser chamada de Era da Manufatura Enxuta<sup>1</sup> e é definida por um novo conjunto de premissas operacionais:

---

<sup>1</sup> Este termo é uma tradução de *Lean manufacturing* que foi cunhado por John Krafcik, assistente de pesquisa do MIT.

- **Processos interfuncionais** – na Era da Produção em Massa as empresas obtinham vantagens através da especialização das suas habilidades nos “silos funcionais”<sup>2</sup> de produção, vendas, compras, marketing, distribuição, etc. Apesar da obtenção inicial de grandes vantagens com os conceitos derivados do pioneiro Fayol, devido às exigências de flexibilidade continuamente acrescidas ao ambiente de negócio, as ineficiências desta sub-otimização tornaram-se visíveis. Hoje as empresas da Era da Produção Enxuta incorporaram uma visão integrada processual, onde o reconhecimento dos macro-processos agregadores de valor aos produtos têm um papel central para conseguir desempenhos superiores.
- **Parcerias entre fornecedor e cliente** – antigamente fornecedores e clientes eram mantidos fora da fronteira da empresa. Na Era da Produção Enxuta o reconhecimento da cadeia de suprimentos e sua gestão como chave para a obtenção de melhorias no desempenho é um fato. Fornecedores e clientes estão sendo trazidos para dentro da empresa aproveitando o poder da tecnologia de informação.
- **Trabalhadores multi-qualificados** – Na Era da Produção em Massa tornou-se evidente a distinção entre dois tipos de trabalhadores – a elite técnica e a força de trabalho – os primeiros sendo as cabeças pensantes e utilizando suas habilidades para gerenciar e projetar produtos, processos, operações, etc, e os segundos simplesmente executando as tarefas mínimas projetadas. Na Era da Produção Enxuta o avanço do conhecimento aplicado na produção está levando ao aumento dos funcionários com capacitações técnicas e execução de múltiplas tarefas. Hoje, a força de trabalho também participa de grupos para soluções de problemas e tem autonomia sobre seu conjunto de responsabilidades.
- **Inovação** – nesta Era o ciclo de vida dos produtos e plataformas tecnológicas está em contínua diminuição para a maioria dos setores produtivos. As empresas precisam muito mais de sua capacidade para mudar do que na Era anterior. O conhecimento tecnológico de hoje e o monitoramento apropriado das tecnologias emergentes para o setor são de extrema importância para poder liderar as tendências do setor, no futuro.
- **Produção flexível, orientada para o cliente** – A Era da Produção em Massa caracterizou-se pela imposição dos produtos e preços no mercado dominado pela oferta das empresas. Atualmente, a demanda tem mais força e exige maior diversidade de produtos necessários para atender suas expectativas.
- **Ênfase em diversos objetivos de desempenho** – a lógica da Era da Produção em Massa exigia das empresas principalmente a redução de custos operacionais através da eficiência operacional. Com o aumento das exigências dos clientes tornou-se importante a flexibilidade e a certeza de que se está fazendo o produto certo, na hora certa e com a

---

<sup>2</sup> Termo cunhado em 1916 por Fayol no seu livro “Administration Industrielle et Générale”



qualidade adequada. Agora, além de custos, as empresas competem por qualidade, flexibilidade, confiabilidade, velocidade e inovação.

Tabela 1 mostra o exposto em forma resumida:

**Tabela 1. Comparação entre as Eras de produção em massa e manufatura enxuta. Adaptada LEPIKSON, 1998. p.8.**

<b>Produção em massa</b>	<b>Manufatura Enxuta</b>
Ciclo de vida longo dos produtos, medido em anos.	Ciclo de vida curto dos produtos, medido em meses.
Produção fixa, oferta escassa predominante.	Produção flexível, orientada pelo cliente.
Demanda previsível, conhecida.	Demanda errática, instável, confrontada com a capacidade de fabricação.
Ciclos de produção longos.	Ciclos de produção curtos.
Pequena variedade, alto volume de produtos.	Qualquer variedade e volume, como requerido pelo mercado.
Empresa operando isolada.	Formação de alianças estratégicas para aperfeiçoar a capacitação da empresa.
Ênfase na redução de custos.	Ênfase simultânea em custo, entrega, qualidade, flexibilidade, velocidade e inovação.
Trabalhadores treinados para operações simples.	Trabalhadores multi-qualificados, treinados e executando multi-tarefas.
Relação fornecedor-cliente fraca, conflituosa.	Parcerias estratégicas entre comprador e fornecedor.

Esta mudança significativa no ambiente onde se desenvolvem os negócios criou uma necessidade de novos modelos de gestão para lidar com um ambiente muito mais complexo do que na Era da Produção em Massa. Trouxe um fortalecimento da abordagem por processos e a necessidade de rever os modelos de desempenho para inserir a adaptabilidade como importante critério de desempenho para as empresas.

### 1.1.2 A gestão de desempenho do sistema de manufatura

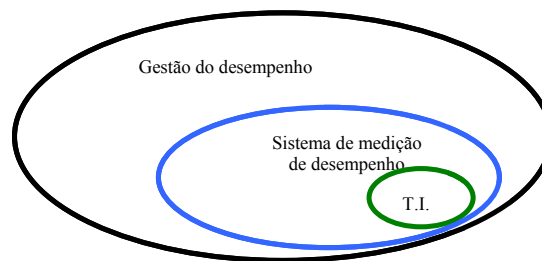
Para Neely (1999) a pesquisa sobre como medir desempenho é atual e relevante que já passou por uma fase de fortes críticas aos modelos de desempenho usuais no ocidente. Entrou na etapa de propostas de modelos estruturados para elaborar medidas de desempenho e chegou à etapa atual de elaboração de ferramentas pontuais e métodos de desenvolvimento e implementação de sistemas de medição de desempenho em empresas.

Este movimento ocorreu, principalmente, devido às mudanças da Era da Manufatura Enxuta, onde a empresa foi exigida segundo outros requisitos de negócio, uma premissa deste trabalho é que para conseguir responder a esta nova realidade tem-se que atuar basicamente na melhoria da **eficiência, eficácia e adaptabilidade** de seu sistema de manufatura. Eficácia está relacionada com a capacidade de atingir as metas pré-fixadas; eficiência, com a utilização econômica dos recursos; e adaptabilidade com a capacidade de mudar para responder ao meio

ambiente no qual o sistema de manufatura está inserido. Assim as empresas foram encorajadas a focar e examinar seus processos com a meta de alcançar pequenas melhorias contínuas (BITITCI, 2002). Estes processos em questão têm a característica de serem aninhados, incorporando assim uma visão típica de sistemas, podendo se falar de pequenos processos (micro-processos) que unidos formam os grandes processos (macro-processos) (KAYDOS, 1999 e SLACK, 1997). Exemplos de macro-processos principais são: o processo de desenvolvimento de produtos, o processo de produção e o processo de obtenção de novas vendas.

A gestão do desempenho teve que se adaptar a esta realidade, e o sistema de medição de desempenho (SMD) é ferramenta essencial para esta tarefa. Por meio do SMD é que o processo de gestão do desempenho da empresa pode ser realizado eficiente e eficazmente (BITITCI *et alli*, 1997).

A Figura 1 representa a posição do SMD relativa à gestão do desempenho e à tecnologia de informação da empresa que é a plataforma tecnológica dos SMD.



**Figura 1. A gestão do desempenho e a posição do sistema de medição do desempenho.**

**Adaptado Bititci *et alli* (1997).**

Então, o SMD é uma ferramenta de apoio à gestão de desempenho que é, por sua vez, um processo de apoio encarregado de quantificar e qualificar o estado passado e atual do desempenho do sistema de manufatura, assim como, prever possíveis estados futuros e as melhorias necessárias para atingi-los.

A parte mais complicada da gestão de desempenho é encontrar quais os determinantes do desempenho do sistema de manufatura e este é o assunto na gestão de empresas que, para Neely (1999), é considerado o *Santo Gral* na gestão do desempenho. Por enquanto, os resultados para empresas têm sido limitados e está-se avançando nessa pesquisa através do uso de medidas de desempenho para testar no campo a teoria sobre gestão de empresas e processos. Já para sistemas de manufatura, cada vez parece estar mais claro que a aplicação de princípios de manufatura enxuta é a chave para atingir altos desempenhos e isto é explorado no capítulo 3 desta tese.

## 1.2 Objetivo da pesquisa

O objetivo desta pesquisa é:

***Desenvolver um método para diagnóstico, projeto, implementação e uso de medidas de desempenho com o propósito de apoiar a melhoria do sistema de manufatura em empresas de bens manufaturados.***

A questão que motivou e guiou esta pesquisa é:

***Como desenvolver e implementar um sistema de medição de desempenho para suporte à efetiva melhoria do sistema de manufatura, promovendo a manufatura enxuta em empresas de bens manufaturados?***

Os objetivos secundários, necessários para alcançar o objetivo principal, são:

- Desenvolver um **Modelo de referência para o desempenho do sistema de manufatura** que seja a base conceitual para o método proposto;
- Desenvolver uma **ferramenta computacional** que assista aos gestores do sistema de manufatura em encontrar um conjunto de medidas de desempenho adequadas às necessidades de uso da empresa;
- Desenvolver **pesquisa em campo** através do método pesquisa-ação para avaliar a **aplicabilidade** e refinar o método proposto.

## 1.3 O que se entende por medição de desempenho?

É muito importante expressar claramente o que se está entendendo por medição de desempenho porque a literatura sobre o campo de estudo encontra-se espalhada em várias áreas de conhecimento, além ser um conceito muito intuitivo e que, portanto, aparece nos mais variados títulos de trabalhos científicos e industriais de toda índole. Definições sobre medição podem-se encontrar já no trabalho de Campbell (1921) que conceitua medição como “a assinalação de números para representar propriedades”. Ackoff (1962) define medição como um caminho de obter símbolos (cifras) que representam propriedades de objetos, eventos ou estados.

No entanto, para entender medição de desempenho no contexto deste trabalho necessita-se ser mais preciso nas definições.

Segundo a Fundação para o Prêmio Nacional da Qualidade entende-se desempenho como os resultados obtidos dos principais indicadores de processos e produtos que permitem avaliá-los e

compará-los em relação às metas, aos padrões, aos referenciais pertinentes e a outros processos e produtos. Mais comumente, os resultados expressam satisfação, insatisfação, eficiência e eficácia e podem ser apresentados em termos financeiros ou não. Note-se que nesta definição desempenho é definido como os resultados de medidas, assim, as medidas apresentam-se associadas completamente à definição.

Para Neely *et alli* (1996), no contexto de um negócio, *desempenho* pode ser definido como a *eficiência e a eficácia de uma ação* decidida pela administração e então:

- **Medida de desempenho:** a medida usada para quantificar a eficiência e/ou eficácia de uma ação.
- **Medição de desempenho:** o processo de quantificar a eficiência e a eficácia de uma ação.
- **Sistema de medição de desempenho:** o conjunto de medidas usadas para quantificar a eficiência e a eficácia de uma ação.

Em Neely (1998) à definição de medição de desempenho acrescenta-se o processo de obtenção das medidas, assim é definido como o processo de quantificação da eficiência e eficácia de ações passadas por meio da aquisição, filtragem, classificação, análise, interpretação e disseminação de dados apropriados.

Para Bititci (2002b) a definição de *medida de desempenho* é a mesma que Neely *et alli* (1996) e altera ligeiramente as outras duas definições. Para o autor é mais importante o propósito de uso da medição de desempenho:

- **Medição de desempenho:** é o processo de usar a medida de desempenho em um contexto que reflita o propósito para o qual a medida está sendo empregada.
- **Sistema de medição de desempenho:** é o conjunto de medidas de desempenho estruturadas e processos associados os quais definem como os gerentes utilizam as medidas de desempenho para gerenciar o desempenho de uma organização.

Nesta tese adotam-se as seguintes definições, sintetizadas e ampliadas das definições enunciadas acima:

- **Medida de desempenho:** uma série temporal que quantifica os resultados de atividades do sistema de manufatura e mostra-se útil para interpretar o seu comportamento e fazer predições.
- **Medição de desempenho:** o procedimento de quantificar resultados de atividades do sistema de manufatura usando medidas de desempenho. Os principais procedimentos são aquisição, classificação, filtragem, análise, interpretação e disseminação de dados apropriados.

- **Sistema de medição de desempenho - SMD:** o conjunto de medidas, e todos os procedimentos e tecnologias associadas, usadas para quantificar resultados de atividades com o propósito de apoiar a ação na linha de frente e a tomada de decisão da gerência do sistema de manufatura.

O fato de explicitar uma medida como uma série temporal na definição é muito importante, pois o grande princípio para interpretar dados é que eles não têm significado algum se separados de seu contexto (WHEELER, 1993). A única forma de não separá-los de seu contexto é apresentá-los em uma série histórica e preferencialmente em um gráfico de comportamento.

Neste trabalho, a palavra-chave para entender sistemas de medição de desempenho é **sistema**, a mesma que em Bititci (2002b). Traduzindo os quatro requisitos de Hitomi (1979) já apresentados na seção anterior:

- O sistema de medição de desempenho consiste em um conjunto de medidas;
- As medidas estão relacionadas por relações de causa e efeito diretas ou indiretas;
- Existe um processo pelo qual as medidas são utilizadas para alcançar algum objetivo da unidade de negócio;
- Existe um processo pelo qual o sistema de medição de desempenho é adaptado ao ambiente de mudança da manufatura.

As medidas podem ser categorizadas por diferentes aspectos como tipo de dados (numéricos ou por atributos), tipo de padrão de referência (histórico, meta alvo ou comparação externa), fonte de dados (interna ou externa), orientação ao processo (entradas, transformação ou produtos) e tipo de medição (direta ou indireta). Também aparecem na literatura agrupadas segundo objetivos de desempenho: qualidade, velocidade, confiabilidade, flexibilidade, inovação e custo; ou segundo os diferentes *stakeholders* do processo: clientes, empregados, acionistas, fornecedores, comunidade e governo (MARTINS, 2002).

Neste trabalho a proposta de alto desempenho para o sistema de manufatura faz uso intensivo da classificação por diferentes objetivos de desempenho, pois é a base para entender a excelência operacional.

#### 1.4 Por que medição de desempenho do sistema de manufatura?

A medição de desempenho cumpre vários papéis dentro de uma empresa e, em particular, de seu sistema de manufatura:

- Permite que a gerência monitore o andamento do sistema produtivo beneficiando no:
  - ✓ Estabelecimento do desempenho real do sistema de produção, suas atividades e seus processos tecnológicos;
  - ✓ Comparação de posição a respeito dos sistemas produtivos de outras empresas;

- ✓ Comunicação de missão, visão e estratégia para as operações;
  - ✓ Ação na linha de frente formada por supervisores, chefes de turno e líderes do chão de fábrica em conjunto com os funcionários do setor;
  - ✓ Controle da variabilidade dos processos técnicos da manufatura;
  - ✓ Decisão sobre que áreas devem ter prioridade de melhoria;
  - ✓ Melhoramento na alocação de recursos;
- É uma importante ferramenta de comunicação e, portanto, tem a capacidade de modificar a conduta de todos os *stakeholders* da empresa. “Quer você goste ou não, o sistema de medição da sua empresa comunica a mensagem pela qual os elementos de desempenho que você mede formalmente são os realmente importantes e aqueles que você não mede formalmente não são importantes ou são menos importantes.” (OSTRENGA, 1992). “É largamente aceito que medidas de desempenho influenciam comportamento” (NEELY, 1999).
  - Serve como base para o sistema de prêmios e recompensas da empresa e da manufatura:
    - ✓ Atribuindo responsabilidades;
    - ✓ Repassando objetivos;
    - ✓ Avaliando objetivamente e premiando esforços;
    - ✓ Alinhando as expectativas pessoais dos funcionários às expectativas da empresa.

Por todas essas utilidades a medição de desempenho não é um campo de estudo novo. Como Neely (1999) diz: “Dado que as *técnicas básicas de gerenciamento* têm sido usadas por muito tempo e que medição do desempenho do negócio é indubitavelmente uma dessas técnicas, logo seguramente a maioria das organizações deve ter sistemas de medição de desempenho operando desde há muito tempo atrás”.

Então, por que agora é um campo de estudo em moda? As principais causas identificadas que promoveram à medição de desempenho ao estado atual de relevância são – adaptadas de Neely (1999):

1. Mudança na natureza do trabalho - Os custos diretos, antes os mais importantes, perderam a posição para os indiretos e essa mudança originou todo um problema para o dimensionamento dos custos industriais baseados em sistemas tradicionais por custos diretos. O primeiro trabalho importante que tratou este assunto e onde os autores se preocuparam por conceituar as causas dos custos indiretos foi “A Fábrica Oculta” de Miller e Vollmann (1985) segundo Ostrenga (1992) e estes conceitos tornaram-se a base para a técnica contábil de custos baseados em atividades - ABC;
2. Incremento da competição – Em todo o mundo, e no Brasil desde a década de noventa, a competição global tem forçado às empresas a cortarem seus custos e aumentar o valor de

seus produtos e serviços para os clientes. Isto afetou de três maneiras à medição de desempenho:

- i. As empresas procuram se diferenciar em termos de novos critérios como qualidade de serviço, inovação, flexibilidade, entrega no prazo prometido, etc. além de custos. Logo as medidas de desempenho tiveram que se adaptar a essa realidade e oferecer informações relevantes em todos os critérios aos gestores.
  - ii. Isto mostrou a importância das medidas de desempenho para encorajar a implementação de estratégia das empresas e, conseqüentemente, aumentou a relevância do campo de estudo;
  - iii. Por último, a tendência das empresas à diminuição das hierarquias mostrou a importância das medidas de desempenho como mecanismo de comunicação interno para facilitar a operação do negócio.
3. Iniciativas específicas de melhoria – Em resposta a esse novo ambiente competitivo, as empresas iniciaram inúmeros programas de melhorias específicas inspirados na Qualidade, a grande filosofia triunfante e que de certo modo se incorporou em todos os outros programas no Brasil e no mundo. Assim, os conceitos de Controle Total da Qualidade (TQM), *Just-In-Time*, Manufatura Enxuta, Seis Sigma, *Benchmarking* e Custeio Baseado em Atividades (ABC), dentre outros, foram amplamente aceitos e se difundiram pelo mundo. E por trás de todos esses programas surgiram novas formas de medir desempenho, já que eles estão destinados a melhorar o desempenho dos produtos, processos, informação ou gestão das empresas, e de alguma maneira isso deve ser medido.
  4. Prêmios nacionais e internacionais de qualidade – Os *Prêmios de Qualidade* (no Brasil, o Prêmio Nacional de Qualidade - PNQ) abrangem aspectos além dos conceitos originais de qualidade e estão promovendo o uso de indicadores de desempenho diversificados como condição para ser candidato ao triunfo. Avaliam as mais variadas áreas de desempenho e exigem que os indicadores quantifiquem estas áreas como requisito imprescindível. O mesmo vale para a comparação através de ferramentas como *Benchmarking*. As empresas estão notando a necessidade de adaptar suas medidas de desempenho para poder utilizá-las no processo de avaliação comparativa.
  5. O poder da tecnologia de informação (TI) – Tanto na capacidade de armazenar dados quanto de analisar esses dados e transportar a informação a diferentes lugares do mundo. Os principais fornecedores de camadas de *software* de TI já estão oferecendo módulos com modelos para medidas de desempenho como o *Balanced Scorecard* e outros.

A isso, podemos acrescentar alguns itens que justificam este tipo de pesquisa no Brasil:

1. Falta de adequação das medidas – As boas práticas em matéria de gestão do desempenho parecem estar só circunscritas a algumas empresas filiais de importantes multinacionais e empresas brasileiras “Classe Mundial”.
2. Demanda crescente pela disciplina gestão de desempenho – Existe uma demanda crescente pelos assuntos relacionados à gestão de desempenho e medição de desempenho. O autor deste trabalho não pode referenciar pesquisas científicas feitas neste sentido, mas sim confirmar isto através dos inúmeros contatos com gerentes industriais de empresas do Brasil inteiro. Intuitivamente pode deduzir-se que depois de décadas de alta inflação e foco nos processos financeiros das empresas, está-se descobrindo que a principal fonte de lucro em um ambiente estável é o bom desempenho operacional de seu sistema de manufatura.
3. Mudanças das necessidades externas – Com o processo de abertura aos mercados internacionais e a ênfase nas exportações que está promovendo o governo brasileiro, as empresas têm a necessidade de se comparar com empresas de outras partes do mundo e satisfazer a mais grupos diferentes de clientes de seus produtos e serviços. Isto motiva a busca por novas ferramentas como *benchmarkings* de resultados que são apenas formas estruturadas de medir desempenho com fins de comparação.

Já no tocante a sistemas de manufatura, este trabalho foi desenvolvido porque:

- As empresas brasileiras ainda não medem bem os seus parâmetros básicos do sistema de manufatura que são: tempos de atravessamento, tempos de ciclo, produtividade, estoques em processo, disponibilidade e capacidade de seus recursos;
- Através de medidas de desempenho bem projetadas, pode-se aprender muito sobre o sistema de manufatura, sendo o primeiro passo para desenvolver uma gestão científica;
- Medidas de desempenho geralmente representam a realidade da manufatura muito mais exatamente que palpites baseados na experiência e devem ser a base de qualquer processo de melhoria para a manufatura;
- Empresas que poderiam beneficiar-se de um modelo de manufatura enxuta podem medir os potenciais benefícios dessas práticas se fazem uso de um conjunto de medidas que mostrem as ineficiências de seu sistema de manufatura atual;
- Medidas de desempenho contribuem a entender as relações causais entre diferentes atividades e processos do sistema de manufatura.

### **1.5 Por que foco na implementação de melhores sistemas de medição de desempenho?**

Pesquisadores da disciplina em gestão e medição de desempenho como Neely, Bititci e De Wall, dentre outros, concordam que a implementação e manutenção de sistemas de medição de



desempenho são os grandes assuntos da pesquisa em gestão e medição de desempenho. Isto porque forma parte do percurso natural de qualquer disciplina que entra na maturidade e porque pesquisas como a de De Wall (2002) mostram que as questões comportamentais da organização não podem ser desconsideradas sob pena de aumentar grandemente as chances de fracasso de um re-projeto do SMD. De Wall (2002) por meio de um estudo de caso múltiplo em organizações de Holanda chegou a conclusão de que dos três estágios gerais de um projeto de desenvolvimento de medidas de desempenho (listados a seguir):

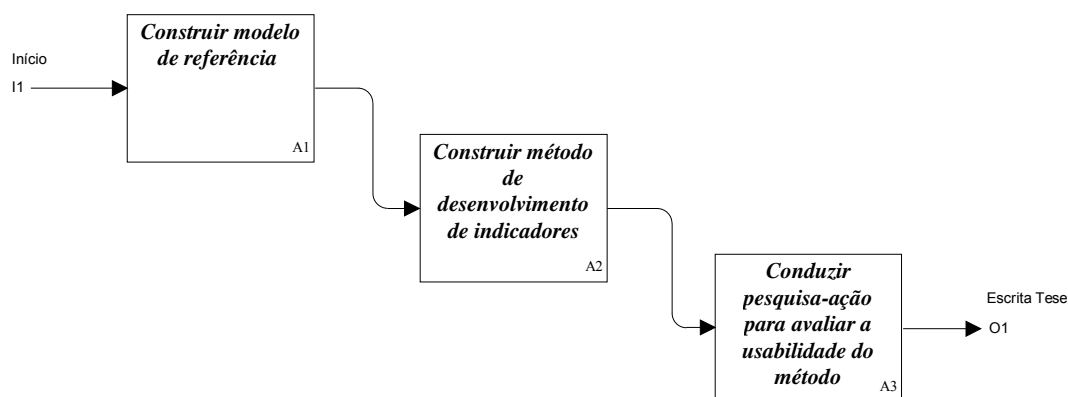
1. Estágio inicial de decisão de revisar o seu SMD;
2. Estágio de projeto do SMD;
3. Estágio de uso inicial do novo SMD.

O mais importante para o sucesso é o último estágio! Definido em grande parte pelo primeiro contato com as novas medidas do SMD. A maioria das vezes as empresas não identificam problemas no seu sistema de medição de desempenho e, portanto, necessidade de mudá-lo. Isto, pode parecer razoável já que sistemas de manufatura não agregam valor ao seu produto criando medidas de desempenho. Nesta tese, o SMD é assumido como desperdício de tipo 1 (Muda tipo 1), ou seja, necessário para uma boa gestão que reflita na operação eficaz e eficiente do sistema de manufatura, porém, deve-se trabalhar para ter cada vez menos medidas.

Então, com o intuito de assistir às empresas na tarefa de analisar e re-projetar seu SMD foi desenvolvido o método que é apresentado como tese de doutoramento. Com o método, pretende-se definir de forma clara **o que** deve ser medido em cada sistema de manufatura, pois o sistema de medidas será único, porém o método para obtê-lo pode ser comum, e essa é a proposta desta tese. Por outro lado, as práticas de medição podem ser consideradas independentes do sistema de manufatura e pode-se assumir que existem práticas universais consagradas de **como** medir desempenho corretamente. Assim, o método proposto nesta tese propõe um caminho prático para encontrar **o que** medir e **como** medir.

## 1.6 Estrutura da pesquisa

A seguir, mostra-se um modelo gráfico do caminho percorrido para chegar a esta tese e apresenta-se também a organização do documento (Figura 2):



**Figura 2. Modelo do caminho seguido para desenvolver esta tese. Elaborada pelo autor.**

### 1.6.1 O modelo de referência

O modelo de referência será apresentado no **capítulo 3** deste trabalho. Por meio dele se entende o modelo de bom desempenho da pesquisa (**O QUE?**), e se justifica (**POR QUE?**). O modelo contém uma descrição do sistema de manufatura, os objetivos de desempenho que deve atender e como deve atendê-los. Estes objetivos são a base para o desdobramento das medidas de desempenho para o sistema de manufatura da empresa. Tanto para a construção deste modelo quanto do método de desenvolvimento de medidas de desempenho foi realizada uma extensa revisão bibliográfica apresentada no **capítulo 2**.

### 1.6.2 O método para desenvolvimento de medidas de desempenho

A proposta é apresentar um caminho lógico e implementável para o desenvolvimento de medidas de desempenho<sup>3</sup> do sistema de manufatura. A proposta objetiva apresentar o **COMO?**, **ONDE?**, **QUANDO?** e **POR QUEM?** para o sistema de medição de desempenho. O método é apresentado no **capítulo 4** desta tese.

### 1.6.3 A pesquisa-ação em campo

A pesquisa-ação é definida por seus defensores como um caminho natural de atuar sobre a unidade de pesquisa selecionada e logo depois pesquisar através de reflexão sobre a mudança produzida nela. Já foi utilizada na área de conhecimento por pesquisadores como Platts (Platts, 1993; Platts *et al.*, 1998) *apud* Barnes (2001) e ainda levanta forte discussão sobre sua capacidade de elaborar teoria. Isso devido a sua principal característica que é o alto envolvimento das pessoas, objeto de estudo no trabalho.

Para Bryman (1989), "... Pesquisa-ação é uma abordagem aplicada na pesquisa social, onde o pesquisador e um cliente colaboram no desenvolvimento de um diagnóstico e solução científica

<sup>3</sup> Neste trabalho medidas de desempenho e indicadores de desempenho são usados como sinônimos.

de um problema, garantindo que isso irá contribuir para estoque de conhecimento num domínio empírico particular.” “O que diferencia a pesquisa-ação do método de estudo de caso é o relacionamento desenvolvido entre pesquisador e as pessoas da organização, que participam do projeto de pesquisa”. (MARTINS, 1999). E poderia se argumentar que o estudo de caso leva embutida a filosofia da pesquisa-ação, mas não a declaração formal deste procedimento de pesquisa, pois no estudo de caso se utilizam técnicas ativas de pesquisa desde o preciso momento que é uma pesquisa *in loco*. A pesquisa-ação pode ser muito útil na validação de teoria da área de gestão, pois é um caminho natural ter que lidar com pessoas, prescrever ações e observar resultados.

Como esta pesquisa está focada no desenvolvimento de medidas de desempenho em sistemas de manufatura, é um estudo eminentemente prático que procura transferir tecnologia para as empresas da região. A pesquisa-ação é a única pesquisa adequada para o objetivo proposto.

No **capítulo 5** se apresentam os resultados obtidos com a pesquisa-ação e o trabalho de campo desenvolvidos em empresas da região. Finalmente, no **capítulo 6** se fazem as considerações finais sobre a pesquisa, relatando a experiência adquirida, os problemas encontrados, as limitações e possíveis trabalhos futuros.

## 2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

*“Quando você pode medir aquilo do que está falando, e expressa-lo em números, você conhece algo sobre aquilo, mas quando você não pode medir isso... seu conhecimento sobre o assunto é pobre e insatisfatório” Lord Kelvin.*

Esta revisão bibliográfica foi quebrada em três módulos lógicos que abordam respectivamente: o corpo de conhecimento teórico sobre estratégia e melhores práticas para o sistema de manufatura, os princípios da manufatura enxuta e gestão da rotina e, por último os principais modelos de referência e métodos de desenvolvimento de sistemas de medição de desempenho para empresas.

### 2.1 Estratégia e operação do sistema de manufatura

“Se a preocupação é a qualidade, o foco no cliente, a produtividade, o tempo de ciclo ou o custo, o assunto por trás de tudo isso é sempre o desempenho” (RUMLER e BRACHE, 1994). Estas são todas preocupações estratégicas, assim, os autores sintetizam a estreita relação entre estratégia de manufatura e gestão do desempenho. Os exemplos mais claros desta relação estão dados pelo desdobramento das diretrizes para atingir os resultados estratégicos (*hoshin kanri*) e o sistema de medição de desempenho criado por Kaplan e Norton (1992), o difundido *Balanced Scorecard* (BSC). No segundo caso, a idéia inicial dos autores era contribuir à medição de desempenho de negócios e observaram, por meio da experiência prática, que tinham desenvolvido um sistema de implementação de estratégia do negócio, sendo hoje a definição oficialmente adotada pelos autores para o BSC.<sup>4</sup>

Para Voss (1995), medição de desempenho é também um tema que faz parte de todas as diferentes abordagens do conteúdo da estratégia. Dangayach e Deshmukh (2001) classificam a medição de desempenho dentro do conteúdo da estratégia de manufatura. Um bom sistema de medição de desempenho tem que monitorar a realização dos objetivos estratégicos, além dos táticos e operacionais. Por outro lado, quando se pensa em uma estratégia, pensa-se em um conjunto de relações do tipo “se - então” e isto está condicionado por um modelo estratégico, muitas das vezes não comprovado. Por ser essa relação entre estratégia e medição tão estreita e, ao mesmo tempo, dizer implicitamente sobre um modelo de empresa, faz-se necessário incluir o assunto na revisão bibliográfica.

Para conceituar estratégia de manufatura é necessário primeiro dissertar sobre estratégia empresarial. A palavra estratégia vem do grego “*strategos*” e quer dizer literalmente a arte do general. Para estratégia empresarial encontram-se várias conceituações que, em geral, dizem que estratégia é a declaração de objetivos e metas em longo prazo e os caminhos a serem

---

<sup>4</sup> Ver a página oficial do Instituto BALANCED SCORECARD COLLABORATIVE  
<http://www.bscol.com/invoke.cfm/A41797F2-B4FE-11D4-A8C200508BDC96C1>

seguidos para atingi-los. Assim, Andrews (2001) diz que o termo estratégia deve ser entendido como o padrão de decisões seguido pela empresa para determinar suas metas e produzir os planos para sua obtenção. Para Neely (2002), é importante destacar que a conceituação original do termo estratégia, acunhado na década de 1970 por autores como Andrews, Ansoff e Mintzberg, propõe que estratégia contém dois elementos separados, declaração de metas e caminhos para alcançá-las. Kaplan e Norton (1997) acrescentam que os caminhos para alcançar as metas são esboçados através de uma relação de causa-efeito, com proposições do tipo “se - então”.

Na bibliografia, estratégia é comumente classificada segundo níveis hierárquicos levando em consideração que uma organização toma decisões e ações diferentes segundo cada nível. Assim, a classificação mais usual é a divisão em três níveis, sendo eles: *estratégias corporativa*, que dizem em quais negócios a corporação vai participar e como deve administrar o conjunto; *estratégias da unidade de negócio*, que dizem sobre como cada unidade vai competir; e *estratégias funcionais*, que dizem como cada processo ou função pode contribuir para a vantagem competitiva de cada negócio (CARPINETTI, 2000; DAVIS, 2001, PORTER, 1996).

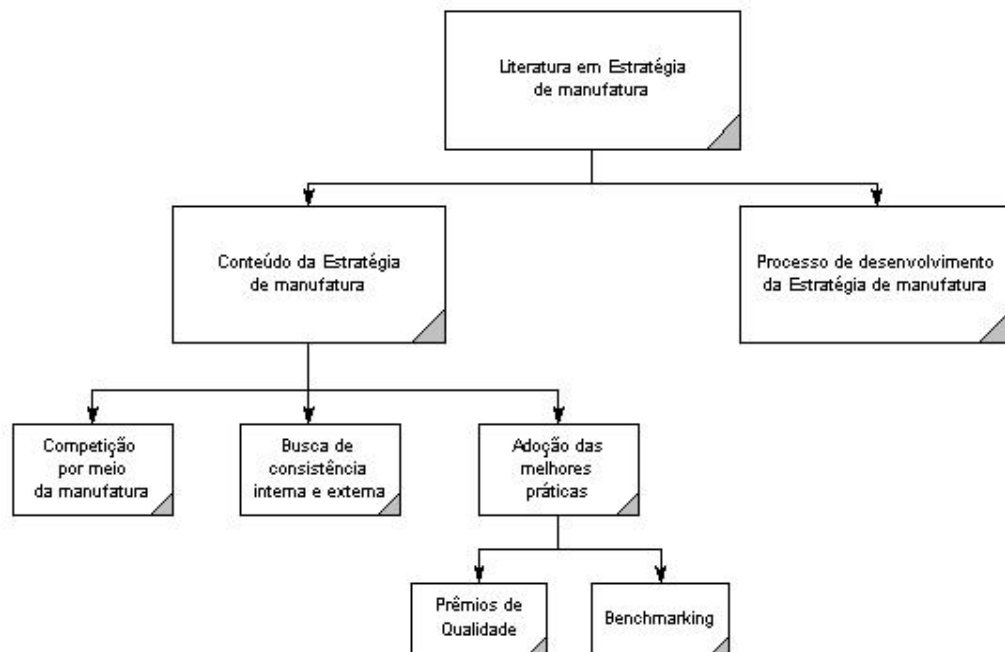
Foi Skinner (1969), quem através dos seus trabalhos “*Manufacturing – missing link in corporate strategy*” e “*The focused factory*” (1974), mostrou as principais idéias sobre estratégia de manufatura geradas em Harvard entre os 1940’s e 1950’s (VOSS, 1995). Através dos trabalhos deste autor, que demonstraram a importância do sistema de manufatura no apoio aos objetivos da corporação, desenvolveram-se os conceitos que são a base da moderna estratégia para sistemas de manufatura. As premissas básicas de Skinner são duas:

- Existem outras maneiras de competir, além de custos;
- O sistema de manufatura deve focar naqueles assuntos que são críticos para a estratégia do negócio.

O autor foi o primeiro, também, em abordar soluções de compromissos entre os fatores competitivos argumentando que não se pode competir bem em todos e, que melhorar em algum deles, leva a diminuição de desempenhos de outros, como, por exemplo, aumento de qualidade implica em aumento de custos. “É difícil (se não impossível), e potencialmente perigoso, para uma companhia tentar competir oferecendo desempenho superior em todas as dimensões competitivas simultaneamente” (HAYES E WHEELWRIGHT, 1984).

Recentemente a teoria das soluções de compromisso foi fortemente questionada, sobretudo devido ao sucesso das práticas de produção japonesas que, desconhecendo esta teoria e outras que argumentam que se deve seguir uma ordem seqüenciada entre diferentes objetivos de desempenho para conseguir bons desempenhos (De MEYER *et alli*, 1989 e NOBLE, 1995), trabalham melhorando todos os objetivos de desempenho ao mesmo tempo.

A Figura 3 representa o modelo conceitual utilizado para desenvolver a revisão bibliográfica sobre estratégia de manufatura:



**Figura 3. Modelo seguido para o desenvolvimento da revisão bibliográfica sobre estratégia de manufatura. Elaborada pelo autor.**

Este modelo é seguido com o intuito de melhor situar e entender a extensa bibliografia na área de conhecimento. Inicialmente se divide nos domínios *conteúdo da estratégia* e *processo da estratégia*. Esta classificação é usual na bibliografia da área e é uma realidade para gestores que desenvolvem a estratégia de manufatura, necessariamente tem que ser definido **o que** e **o como**. Essas questões foram classificadas em diferentes domínios, onde as primeiras foram chamadas de questões de *conteúdo da estratégia* e as segundas questões de *processo da estratégia*:

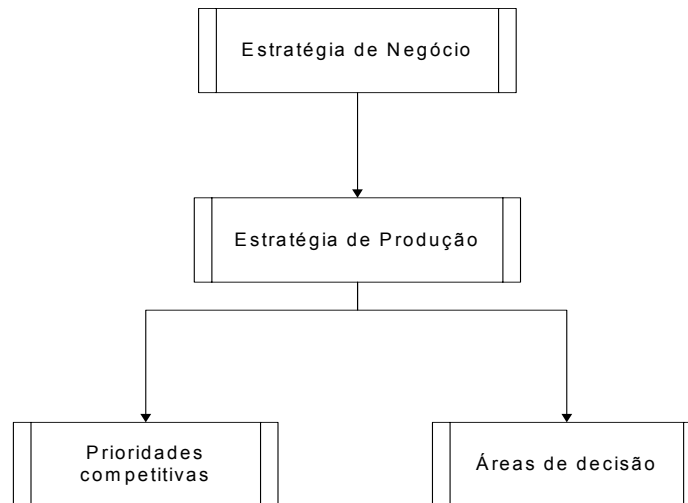
- *Conteúdo de estratégia* aborda sobre políticas, planos e linhas a serem seguidas;
- *Processo de estratégia* é o processo de formulação e implementação da estratégia.

### 2.1.1 Conteúdo da estratégia de manufatura

Os dois elementos importantes do conteúdo da estratégia da manufatura são as prioridades competitivas e as áreas de decisão. Os gerentes tomam decisões nas *áreas de decisão estratégica* e este é um elemento central na teoria e prática diária sobre estratégia de manufatura. O outro elemento, às vezes nem tão reconhecido, é o definido pelos objetivos de desempenho, critérios competitivos, dimensões competitivas ou fatores competitivos segundo a bibliografia, e que são as outras maneiras de competir, além de custos das quais falou Skinner (1969). Neste trabalho, utiliza-se o termo objetivo de desempenho seguindo a terminologia de Slack (1997 e 2002).

### 2.1.2 Os elementos da estratégia de manufatura

Leong *et alli* (1990) mostram claramente os dois elementos e a relação entre estratégia do negócio e estratégia da manufatura:



**Figura 4. Elementos da estratégia de manufatura. Fonte: Leong *et alli* (1990)**

Os *critérios competitivos* influenciam as decisões tomadas nas *áreas de decisão*, conformando assim o requisito de *consistência interna* que caracteriza uma boa estratégia de manufatura. Porém, uma boa estratégia de manufatura também deve apresentar *consistência externa*, pois os critérios competitivos e decisões tomadas devem ser definidos levando em consideração o ambiente da unidade de negócio onde está inserido o sistema de manufatura. Esse ambiente será condicionado por vários fatores externos e restrições internas.

Com o intuito de melhor estruturar a dispersão de idéias sobre estratégia de manufatura encontrou-se conveniente seguir a classificação de Voss (1995 e 2005) para apresentar o *conteúdo da estratégia*. O autor divide a teoria sobre o assunto em três grandes abordagens:

- Competição por meio do sistema de manufatura;
- Busca de consistência interna e externa através de escolhas estratégicas;
- Adoção das “melhores práticas” na busca da Produção Classe Mundial.

### 2.1.3 Competição por meio da manufatura

Segundo esta abordagem as empresas deveriam competir através das capacidades do sistema de manufatura e deveriam alinhar estas capacidades com os critérios de desempenho críticos do negócio, com as estratégias de outros processos e com as demandas do mercado (VOSS, 1995).

A grande questão desta abordagem é: como competir? A resposta é: através dos objetivos de desempenho que devem ser avaliados segundo as características da competição no mercado em que a empresa atua. Hill (1993) argumenta que, para cada mercado onde a empresa opera,

devem ser distinguidos os objetivos de desempenho (Hill os chama critérios competitivos) e foi além, propondo a divisão entre objetivos ganhadores de pedido (*order-winning criteria* – OWC), aqueles que criam um diferencial dentro do mercado, e objetivos qualificadores (*order-qualifying criteria* - OQC), que são os requisitos necessários para permanecer no mercado.

Mas, quais são esses objetivos de desempenho?

Para Hayes e Wheelwright (1984) são quatro: preço, qualidade, confiabilidade e flexibilidade. Para Platts e Gregory (1990) os objetivos de desempenho, chamados pelos autores como requisitos do mercado, são sete: prazo de entrega, confiabilidade, características do produto, qualidade, flexibilidade do projeto, volume e preço.

Para Spring (1997) os objetivos de desempenho são seis:

1. *Custo* – produção e distribuição de produtos a baixo custo.
2. *Qualidade* - produtos e sua manufatura sem erros.
3. *Confiabilidade na entrega* - cumprir com promessa de tempo de entrega.
4. *Velocidade na entrega* - reagir rapidamente a ordens de clientes.
5. *Flexibilidade* - reagir a mudanças no produto, mudanças no *mix* de produto, modificações no projeto, variações no fornecimento de materiais, mudanças na seqüência de produção ou roteiros de fabricação.
6. *Inovação*.- introdução de novos produtos e processos.

Slack (1997 e 2002) diz que os objetivos de desempenho são cinco:

1. Qualidade – fazer certo as coisas;
2. Velocidade – fazer as coisas com rapidez;
3. Confiabilidade – fazer as coisas em tempo;
4. Flexibilidade – mudar o que você faz com relativa facilidade;
5. Custo – fazer as coisas mais baratas.

Existem diferenças no número de objetivos para cada autor, mas pode-se assumir que o núcleo composto por custo, qualidade, flexibilidade, velocidade e confiabilidade está presente para todos os autores e daqui para frente a esse núcleo estar-se á referenciando quando se escreve objetivos de desempenho.

E quais são as áreas de decisão onde os gerentes podem atuar e, portanto, devem definir efetivamente a estratégia da manufatura?

Para Skinner (1969) as áreas chave de decisão são: planta e equipamentos, planejamento e controle da produção, recursos humanos e recrutamento, projeto de produto e de processos e organização e gerenciamento. Decisões tomadas em alguma área de decisão implicam em benefícios para algum(s) critério(s) competitivo(s).

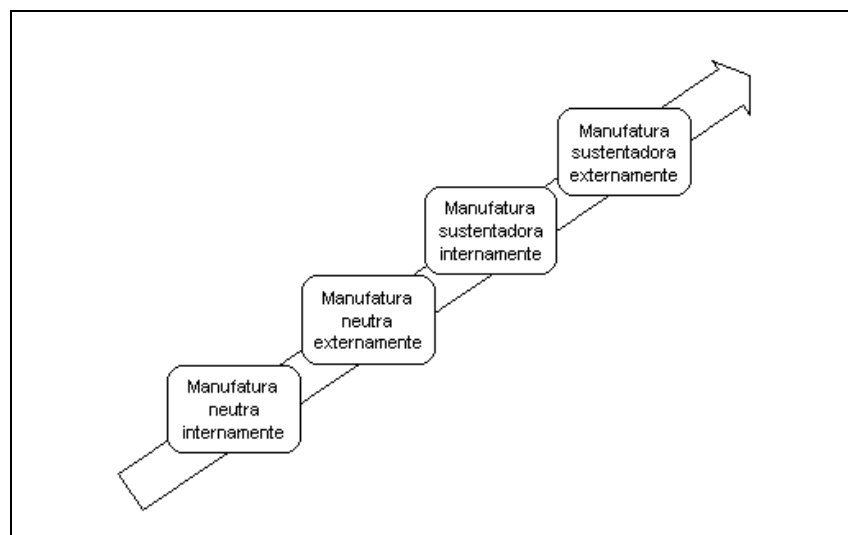
Hayes e Wheelwright (1984) expandiram a lista para: capacidade, maquinaria, tecnologia, integração vertical, recursos humanos, qualidade, planejamento da produção, e organização. Esta lista é citada e usada normalmente na literatura sobre estratégia de manufatura por Anderson *et alli* (1989) na sua revisão sobre a área de conhecimento.



Hill (1993) classificou as áreas de decisão em escolha de processos e infraestrutura:

- Escolha de processos – tecnologia de processos, papel dos estoques, capacidade, tamanho, localização.
- Infraestrutura – apoio funcional, planejamento e controle da produção, estruturação do trabalho, sistema de pagamento e estrutura organizacional.

Um outro elemento da abordagem de competição por meio da manufatura é o alinhamento das habilidades do sistema de manufatura com a estratégia da unidade de negócio. A influência de Hayes e Wheelwright (1984 e 1988) é grande nesse sentido. Os autores ampliaram o conceito geral de alinhamento no seu conhecido modelo de quatro estágios do sistema de manufatura e argumentam que este processo deveria influenciar a estratégia da unidade de negócio, explorando pró-ativamente suas capacidades e considerando-o uma arma estratégica. Para conseguir isso existem quatro passos hierárquicos sequenciais (Figura 5):



**Figura 5. Os estágios evolutivos da estratégia de manufatura. Fonte: Wheelwright e Hayes (1984).**

Segundo os autores, a habilidade do sistema de manufatura para exercer seu papel na organização pode ser julgada considerando-se seus propósitos e aspirações organizacionais (Slack, 1997). Com seu modelo dos quatro estágios, Wheelwright e Hayes (1984), apresentam uma arquitetura para avaliar o papel competitivo e a contribuição do processo de manufatura à estratégia da empresa. O modelo segue uma reta crescente desde um ponto inicial negativo até situar a função manufatura como o centro da estratégia da corporação:

- Estágio 1 – neutralidade interna: é o mais fraco dos quatro estágios, onde a empresa considera o sistema de manufatura como um mal necessário, quando posicionado neste estágio. Aspira-se a estabelecer os padrões mínimos aceitáveis dentro do processo para alcançar a neutralidade interna, assim, não pode ser considerado culpado pelos insucessos operacionais.

- Estágio 2 – neutralidade externa: neste estágio o sistema de manufatura se compara com sistemas de outras empresas e organizações similares. O processo deixará de prejudicar a empresa e, apesar de não ser muito criativo, trabalhará apropriadamente em função da cópia das boas práticas das concorrentes. Desta maneira será externamente neutra.
- Estágio 3 – sustentador internamente: provavelmente está situado entre as melhores no seu mercado. Pode não ser a melhor em todos os aspectos. Para isso, tem uma visão clara do negócio da corporação e assim organiza seus recursos para assumir o papel de implementador de estratégia. O sistema de manufatura sustenta internamente o negócio através de um alinhamento total de estratégia com a corporação.
- Estágio 4 – sustentador externamente: a diferença entre este estágio e o anterior é sutil. De fato as empresas podem estar bem conformes se situadas no estágio anterior. Uma empresa neste estágio utiliza seu sistema de manufatura como gerador da visão da organização. É através do sistema que a empresa consegue o desempenho exigido pelo mercado futuro. Isto porque o sistema é criativo e pró-ativo, mantendo-se sempre um passo a frente dos concorrentes. Ele é sustentador externo do negócio.

Muitos autores têm desenvolvido trabalhos inteiros em alguns dos critérios competitivos, destacando-se a atenção dada à competição baseada no prazo e à flexibilidade do sistema de manufatura. Em resumo, pode-se caracterizar esta abordagem como o surgimento da manufatura usada como uma poderosa arma estratégica para a unidade de negócio.

#### 2.1.4 Busca de consistência interna e externa

Esta abordagem está baseada na premissa de necessidade de consistência entre o contexto de negócios e o conteúdo da estratégia de manufatura. Considerando as contingências externas: leis, regulamentações, preparo do recurso humano, tecnologias, concorrentes, expectativas do mercado; e as contingências internas: em relação ao produto fabricado, aos processos disponíveis e à estrutura em geral da empresa, devem-se tomar decisões ou escolhas estratégicas para ter consistência entre a maneira de competir e como é organizada e gerida a empresa (Martins, 1999).

É uma abordagem contingencial. “Nós mostraremos como marketing e vendas interagem com o processo de manufatura na seleção e desenvolvimento dos processos tecnológicos”, citam Wheelwright e Hayes (1984) na introdução à sua matriz produto/processo. De fato, a principal contribuição nesse sentido foi dada pelos autores através de sua matriz produto/processo, havendo a argumentação de que a escolha do processo depende ou é contingência da variedade e volume dos produtos fabricados.

Já para Hill (1993), a escolha dos processos é dependente da estratégia de mercado e também dos objetivos ganhadores de pedido para esses produtos.

Porém, escolhas certas não são necessárias apenas no sistema de manufatura, mas também, nos processos auxiliares da empresa. Hill (1993) argumenta que o tipo de planejamento e controle, tipo de sistema de manufatura, estrutura administrativa, controle da qualidade e sistema de pagamento são contingentes ao tipo de processo. Atualmente, a terceirização da fabricação e dos serviços, como assunto estratégico para o sistema de manufatura, tem ganhado muita força. Para Voss (2005) é o mais importante dos assuntos hoje.

#### 2.1.5 Adoção das melhores práticas

Segundo Voss (1995), a adoção das melhores práticas era a mais recente abordagem até essa data e provavelmente se encontre fortalecida com o crescimento da manufatura enxuta e a popularização de técnicas como Seis Sigma e ERP em 2005 (VOSS, 2005). Apesar de que copiar a maneira de fazer de outros é tão antiga como a vida, esta abordagem pode ser posicionada nos finais da década de 1970, quando a crescente vantagem das empresas japonesas sobre as americanas, concretamente no ganho dos mercados, preocupou tanto a estes últimos, que surgiu uma necessidade sadia por copiar a maneira de trabalhar dos japoneses. Assim, aparecem, dentre outros, os trabalhos de Schobenger (1982) – *“Japanese manufacturing techniques: nine hidden lessons in simplicity”*, onde um capítulo inteiro expõe as perspectivas de se alcançar ao Japão, Hayes e Wheelwright (1984) – *“Restoring our competitive edge: competing through manufacturing”*, onde no capítulo treze (13) *“Learning from your World Class Competitors”* dedicam-se a mostrar onde é bom copiar às empresas japonesas e alemãs, e Hall (1987) com seu livro *“Attaining Manufacturing Excellence”*, onde se exploram as técnicas de Qualidade Total (TQM), JIT e Empowerment. Também, não se pode deixar de citar o livro *“The Machine that Changed the World - The Story of Lean Production”* (1990), que se trata de um estudo do MIT encabeçado por Womack e Jones sobre a indústria automobilística, onde se analisam as armas estratégicas dos japoneses que revolucionaram a indústria ocidental.

O conceito de *World Class Manufacturing - WCM* foi desenvolvido por Wheelwright e Hayes (1984), autores que colaboraram e muito para o conjunto de idéias sobre conteúdo da estratégia de manufatura. As empresas, assim chamadas, são reconhecidas tanto pelas suas práticas quanto pelos seus resultados. Dentre outras, atualmente são reconhecidas como tais:

- Práticas de Qualidade – envolvimento dos empregados, orientação ao cliente, controle estatístico de processos, qualidade orientada ao cliente, resolução de problemas e reconhecimento da cadeia de cliente/fornecedor interna e externa.
- Práticas de Manufatura Enxuta – arranjo físico celular, *kanban*, tamanho de lotes, flexibilidade no trabalho, manutenção produtiva total e fornecimento *JIT*.
- Práticas de organização e estratégia – compartilhamento de visão e metas, participação dos empregados nos riscos e ganhos, alinhamento das estratégias funcionais com as estratégias corporativas, medição de desempenho apoiando estratégia e práticas de *benchmarking*.

- Práticas de meio ambiente, saúde e segurança (MSS) – desenvolvimento de uma política abrangente para MSS, diminuição de resíduos e poluentes na fonte, e análises de riscos sistemáticos.

A ferramenta gerencial mais conhecida que trouxe esta abordagem é, sem dúvida, o *benchmarking*, sendo uma ferramenta relativamente recente já que o primeiro livro citando o termo e abordando sobre o desenvolvimento feito na empresa Xerox foi o livro de Camp (1989). Nele o autor escreve sobre a ferramenta que começou a se desenvolver uma década antes, em 1979. O *benchmarking* é um processo de comparação e busca de práticas e/ou desempenhos que se mostraram bem sucedidos em empresas destacadas no mundo (classe mundial). Esta busca pode ser para processos técnicos, produtos, estratégias ou negócio em geral. Apesar da maioria das aplicações focar sua atenção nas melhores práticas mundiais, é possível fazer *benchmarking* com padrões que não sejam classe mundial, porém, sejam relativamente melhores que os padrões da empresa que executa a comparação. Isto não descaracteriza o *benchmarking*, pois qualquer método sistematizado que forme parte de um processo de melhoria continua e que comece com a comparação das lacunas existentes em práticas e desempenhos entre a unidade analisada e o *benchmark*, para passar aos planos de ação que melhorem as práticas e desempenhos da unidade gerando uma nova realidade, pode ser definido como *benchmarking*.

A premissa é que copiando ou adaptando criativamente as práticas de manufatura das empresas bem sucedidas chegar-se-á a melhores desempenhos na empresa. Apesar de que esta abordagem merece ser ampliada e tem recebido críticas, hoje é reconhecido que se está mostrando altamente eficaz (VOSS, 2005). Em particular, os *benchmarks* de desempenho são efetivas aplicações estruturadas de medição de desempenho, particularmente aqueles que comparam desempenho mais do que práticas (NEELY, 1998 e 1999).

Em Santa Catarina (Brasil), o IEL – Instituto Euvaldo Lodi coordena a aplicação do *Benchmarking Industrial Made in Brazil*, um *benchmarking* de práticas e desempenhos para empresas com foco no sistema de manufatura, criado em 1993 na Inglaterra. O estudo realizado com a ferramenta foi publicado pela primeira vez com a denominação *Made in Europe*, por um esforço conjunto entre a *London Business School* (tendo o professor Cris Voss como responsável) e a *IBM Consulting*. A hipótese central subjacente ao *Benchmarking Made in Brazil* é que empresas com melhores práticas terão um desempenho operacional superior (VOSS e BLACKMON, 1993). Recentemente, Seibel (2004), apresentou um estudo baseado neste *benchmarking* para a indústria catarinense.

### **Prêmios da qualidade**

Provavelmente a melhor maneira de divulgar os conceitos modernos de estratégia sejam os prêmios à excelência empresarial ou prêmios da qualidade. Estes prêmios estão baseados no reconhecimento mundial do *Total Quality Management* (TQM) como integrador de muitas técnicas e ferramentas para melhoria da manufatura e na premissa de que essas técnicas e

ferramentas independem do contexto das empresas. O prêmio pioneiro e que serviu de modelo para as demais, foi o Prêmio *Deming* - “*Deming Prize*”, implementado em 1950 no Japão, pela JUSE - “*Japanese Union of Scientists and Engineers*”, para recordar a grande contribuição do Dr. W. Edwards Deming no desenvolvimento contínuo e no controle de qualidade do Japão. O prêmio é outorgado anualmente e originalmente surgiu só para premiar empresas japonesas, embora em 1984, passou a ser oferecido também para empresas estrangeiras bem sucedidas no controle de qualidade no seu sentido amplo. Há três categorias de vencedores: companhias ou divisões, indivíduos e operações de unidades de negócio. A categoria individual é restrita ao Japão.

As categorias principais de avaliação são dez (SLACK, 1997): política e objetivos, organização e sua operação, recursos humanos e sua educação, coleta e disseminação de informação, padronização, controle e manutenção, garantia de qualidade, melhoria, efeitos da qualidade e planos futuros. O processo de avaliação inicia com uma submissão detalhada das práticas de qualidade das organizações candidatas para finalizar com visitas às instalações por parte de inspetores escolhidos para tal fim<sup>5</sup>.

O prêmio Deming foi instituído em 1951 e, dessa forma, torna-se fácil o entendimento da sua ênfase em planejamento e implementação de processos ou operações dentro das companhias. Nesse sentido ele é um pouco diferente dos outros prêmios que citaremos e que foram implementados nos últimos anos no Brasil - PNQ, no Japão – *Japan Quality Award*, na Europa – EFQM e nos Estados Unidos de América – *Malcom Baldrige*.

**Prêmio Nacional Malcom Baldrige** - começa-se por este último por ser o mais antigo dos modernos prêmios de qualidade. O material base para esta parte da revisão pode ser encontrado no portal do *Baldrige National Quality Program*<sup>6</sup>. Este prêmio surgiu na década de 1980 por iniciativa do Centro norte-americano de Produtividade e Qualidade (*American Productivity and Quality Center*), que recomendou a criação de um prêmio similar ao Prêmio Deming para ser instituído nos Estados Unidos. O propósito era estimular e melhorar a qualidade e produtividade das empresas norte-americanas que estavam perdendo terreno nos 20 anos anteriores perante empresas estrangeiras (principalmente japonesas).

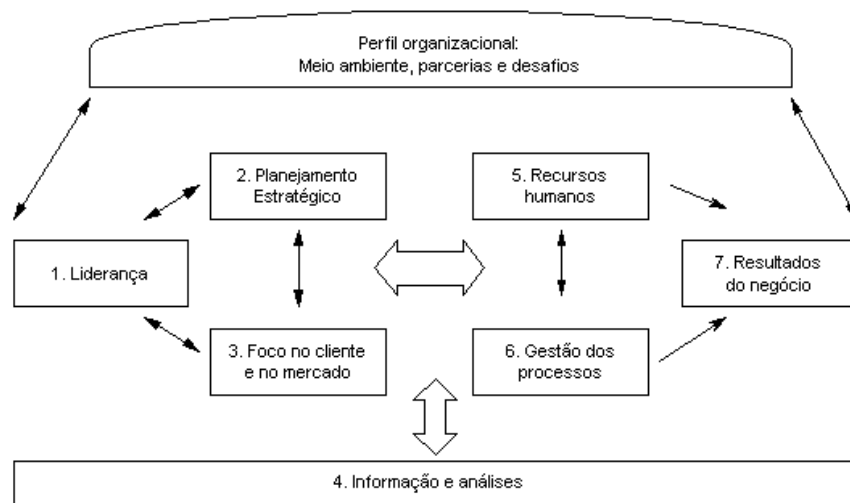
As principais categorias avaliadas são:

- Liderança (12%);
- Planejamento estratégico (8,5%);
- Foco no cliente e no mercado (8,5%);
- Informação e análises (9%);
- Recursos humanos (8,5%);
- Gestão dos processos (8,5%);
- Resultados dos negócios (45%).

---

<sup>5</sup> Para maiores informações sobre a definição de TQM, formulários de inscrição para candidatos, etc. ver <<http://www.deming.org/demingprize/prizeinfo.html>>, página do Instituto criado por Deming.

Na Figura 6 se apresenta a arquitetura do prêmio:



**Figura 6. Categorias do Prêmio Nacional de Qualidade Malcom Baldrige. Fonte: *Baldrige National Quality program: Criteria for performance excellence*. p. 5**

O processo de avaliação é similar ao prêmio Deming, incluindo submissão detalhada das práticas de qualidade e visitas às empresas, sendo as categorias avaliadas: negócios que inclui todas as empresas, educação e saúde.

**Prêmio Europeu da Qualidade** – este prêmio foi instituído em 1992 para ser outorgado anualmente às melhores administrações em qualidade total da Europa. A fundação que administra o prêmio – Fundação Européia para Administração da Qualidade - EFQM – foi fundada em 1988 pelo união de 14 importantes empresas européias, dentre elas Bosch, Electrolux, Fiat, Nestlé, Olivetti, Phillips, Renault e Volkswagen. Isto foi motivado pela necessidade regional de lançar um prêmio com uma arquitetura similar à do Malcom Baldrige nos EUA e ao Prêmio Deming no Japão. Para ganhar o prêmio é necessário demonstrar excelência na administração da qualidade e no seu processo fundamental de melhoria contínua (SLACK, 1997).

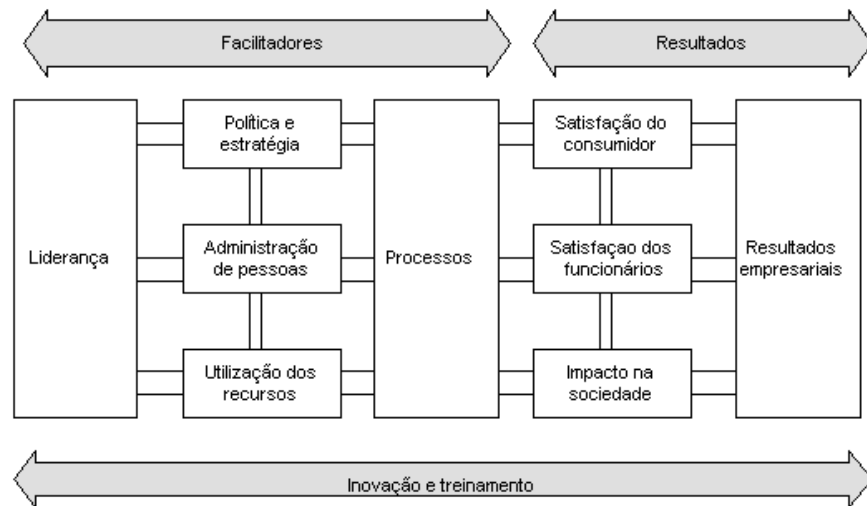
O prêmio está fundamentado no modelo de excelência que foi criado para tal fim, e cuja idéia fundamental é que a satisfação de todos os envolvidos com a organização (clientes, funcionários, fornecedores, comunidade e acionistas) seja alcançada através de uma boa liderança, planejamento estratégico, administração de recursos humanos, recursos e processos, resultando em excelência empresarial. As categorias envolvidas são nove:

- Liderança (10%);
- Política e estratégia (8%);
- Administração de pessoas (9%);

<sup>6</sup> Ver links de interesse na referência bibliográfica

- Utilização dos recursos (9%);
- Processos (14%);
- Satisfação do consumidor (20%);
- Satisfação dos funcionários (9%);
- Impacto na sociedade (6%);
- Resultados empresariais (15%).

O modelo de excelência está representado na Figura 7.



**Figura 7. Modelo de excelência EFQM. Fonte: EFQM Association.**

Os nove critérios têm seu peso relativo no modelo, sendo que quatro deles são chamados de resultados e podem ser vistos como objetivos da organização, enquanto os outros cinco, chamados de facilitadores, são os processos internos à organização relacionados com suas práticas.

**Prêmio Nacional de Qualidade** - é baseado principalmente no prêmio *Malcom Baldrige* e premia a excelência em cinco categorias diferentes (FNPQ - Critérios de Excelência, 2002):

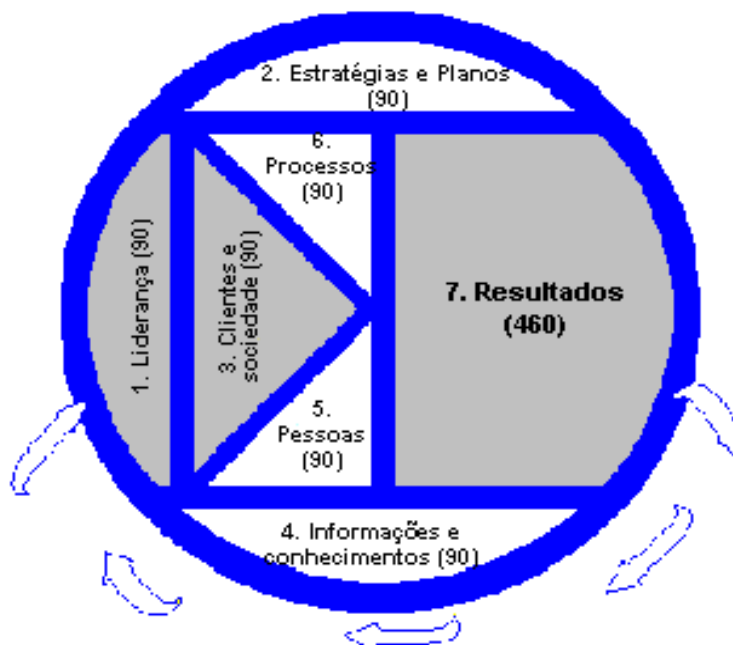
- **Grandes Empresas** - mais de 500 pessoas na força de trabalho;
- **Médias Empresas** - entre 51 e 500 pessoas na força de trabalho;
- **Pequenas e Micro-empresas** - 50 ou menos pessoas na força de trabalho;
- **Órgãos da Administração Pública Federal** - poderes Executivo, Legislativo e Judiciário;
- **Organizações de Direito Privado Sem Fins Lucrativos.**

Excelência está dividida em sete critérios propostos pelo comitê de critérios de avaliação:

1. Liderança (9%);
2. Estratégias e Planos (9%);
3. Clientes e Sociedade (9%);
4. Informações e Conhecimento (9%);
5. Pessoas (9%);

6. Processos (9%);
7. Resultados (46%)

O modelo de referência do PNQ Brasileiro está representado na Figura 8.



**Figura 8. Modelo FNPQ de excelência empresarial. Fonte: FPNQ – Critérios de excelência.**

Estes sete critérios podem ser caracterizados nas fases de: planejamento – (critérios 1, 2, 3 e 4), execução (critérios 5 e 6) e verificação (critério 7).

No diagrama nota-se claramente a visão de retro-alimentação dada pelas setas que saem dos resultados com informação para os gestores reverem os conceitos.

Os sete critérios são divididos em 26 itens de avaliação e destes, dezenove representam os aspectos de enfoque (planejamento e execução) e os sete restantes, os resultados. Os sete itens de resultados são: relativos aos clientes e aos mercados (22%), financeiros (22%), relativos às pessoas (13%), relativos aos fornecedores (8,5%), relativos aos produtos (13%), relativos à sociedade (8,5%) e relativos aos processos de apoio da organização (13%).

Para se obter maiores informações sobre o grau de disseminação dos prêmios de qualidade na América Latina, aconselha-se visitar o portal da **Sociedade Nacional de Industrias do Perú**<sup>7</sup>, onde se encontra um endereço de internet com conexões a vários portais da região e os mais importantes do mundo em matéria de prêmios de qualidade. Já outras premiações regionais e setoriais no Brasil têm-se destacado pela adoção de avaliações alinhadas aos Critérios do PNQ, tais como: Prêmio Qualidade RS, Prêmio Gestão Qualidade Bahia, Prêmio da Qualidade no Transporte Público Urbano de São Paulo, Prêmio ANTP (Associação Nacional de Transportes

<sup>7</sup> Ver Links de Interesse na bibliografia.



Públicos) da Qualidade, Prêmio Daniel Barata da Qualidade (Setor de Transportes do RJ), Prêmio ABES (Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental) da Qualidade e Prêmio Qualidade do Governo Federal (ALVES, 2000).

Os prêmios são excelentes ferramentas para induzir empresas a se autoavaliar e melhorar seu sistema de medição de desempenho. Apesar de chamarem-se prêmios de qualidade pelo amplo reconhecimento ao papel revolucionário para o ocidente do TQC japonês, já transcenderam os conceitos originais da Qualidade, incorporando o que se tem de melhor tanto no teórico quanto no prático da gestão de empresas.

## 2.2 Sistemas de manufatura - Manufatura enxuta e Gestão da rotina

Esta parte da revisão bibliográfica está destinada para apresentar as abordagens de gestão que ao entender deste autor são melhor sucedidas para obter bons desempenhos em sistemas de manufatura:

- manufatura enxuta; e
- gestão da rotina.

As duas abordagens têm forte apelo operacional e essa é precisamente a causa de seu sucesso. As duas têm em comum um conjunto bem fundamentado de técnicas e um apelo filosófico comportamental para a melhoria contínua ou *kaizen*. Nesta revisão as duas são apresentadas separadamente apesar de fundir-se em muitos aspectos e a gestão da rotina com sua proposta de estabilidade dos processos técnicos do sistema de manufatura estar contida no corpo de idéias da manufatura enxuta já que é absolutamente necessária.

Antes de entrar nestes dois assuntos se faz uma breve introdução à teoria sobre sistemas e sistemas de manufatura em particular.

### 2.2.1 A empresa vista como um sistema

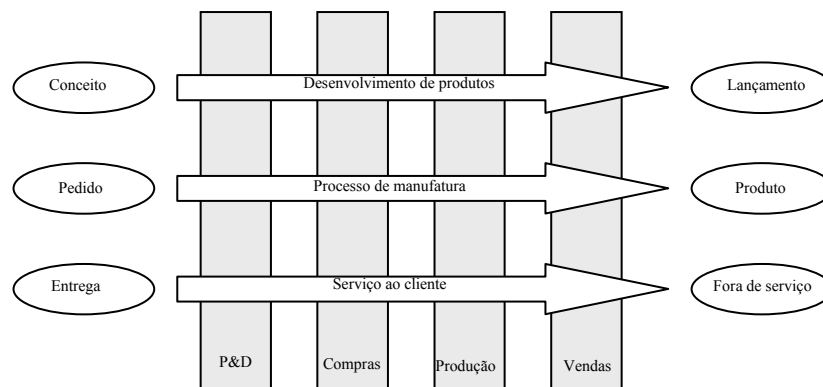
Desde os primeiros livros sobre administração científica de Taylor e os princípios de Fayol muito tempo tem-se passado e novas teorias tem surgido. Percebeu-se que os problemas de organizações não podem ser tratados isoladamente, pois sempre são problemas interdependentes. Isto não apenas aconteceu na ciência da administração, mas também na física, na biologia e outras ciências.

Dentre as três grandes escolas do pensamento administrativo: a Escola Clássica iniciada com Taylor, Fayol e incluindo Webber e a burocracia, a Escola Humanista de Mayo, Maslow e MacGregor, e a Escola Sistemista, esta última ganhou força nos finais dos anos 1950 de certa forma sintetizando grande parte dos conhecimentos das outras duas escolas e a partir de uma diferenciação filosófica na hora de ler a realidade. Assim integra o pensamento da “empresa como máquina” da Escola clássica e da empresa “baseada no homem” da Escola Humanista na empresa “como um sistema complexo” que deve ser tratado em sua totalidade pois são mais importantes as relações que as partes. No entanto, as principais idéias que deram corpo a esta Escola apareceram antes, foi por volta da década de 1930 que a maior parte dos critérios chave do pensamento sistêmico se desenvolveram (KAPRA, 1996). Foi a exploração de sistemas vivos que levou aos pesquisadores a pensar nas relações e no contexto mais do que nas partes, pensamento preponderante do mecanicismo, tornando assim mais relevante o processo que os elementos. Esta Escola trouxe conceitos amplamente difundidos hoje como contingência, processos, laços de retroalimentação e sistemas dinâmicos dentre outros.

Este trabalho propõe uma forma de medir desempenho para sistemas de manufatura e contém um modelo de referência destes sistemas e de sua medição apresentado no capítulo seguinte.

Esse modelo está permeado pela teoria de sistemas, pois é um modelo processual de sistemas de manufatura que está no centro do universo conceitual das idéias do pensamento sistêmico correspondendo às disciplinas: cibernética, dinâmica de sistemas, pensamento processual, e gestão por processos, dentre outras. São as idéias pioneiras de Wiener, Von Neuman, Beer, Ashby, Bertalanffy e mais recentemente Forrester e Senge, que estão transformando os sistemas de manufatura.

Processos sempre existiram na empresas, pois sem eles nada aconteceria. Através deles é que as empresas executam suas tarefas e geram os produtos e serviços que justificam sua existência. Apesar de sempre existirem, durante muito tempo os processos não foram importantes para os modelos de gestão que tradicionalmente se basearam nas funções do organograma, muito bem representadas pelos departamentos de uma empresa. Na Figura 9 pode-se ver a relação entre os macro-processos e as funções de uma empresa, note-se que os macro-processos atravessam as funções.



**Figura 9. Relação entre macro-processos e funções da empresa. Adaptado Carpinetti (2000).**

A visão por processos de uma empresa teve um grande aumento de atenção na década de 1990 com a notoriedade ganha pela Re-engenharia de processos de negócio (*Business Process Re-engineering*) cujo guru Michael Hammer se encarregou de disseminar no seu celebre artigo de 1990 na Harvard Business Review *Reengineering Work: Don't Automate, Obliterate*.

Resta saber o que é um processo de negócio?

Para Davenport e Short (1990) um processo de negócio é um arranjo lógico de pessoas, materiais, energia, equipamentos e procedimentos em atividades de trabalho projetadas para produzir um resultado especificado. Os processos têm duas importantes características: têm clientes e atravessam a organização horizontalmente sem dependência com a organização formal (funcional).

Já Hickman (1993) define, de maneira similar, o processo como uma série lógica de atividades dependentes que utiliza os recursos da organização para gerar produtos ou serviços observáveis ou mensuráveis.

A contribuição da visão por processos para o entendimento do funcionamento de uma empresa foi muito importante, pois é o jeito natural que os clientes e *stakeholders* em geral têm de se relacionar com a empresa. Através das saídas dos diferentes processos é que percebem a qualidade, velocidade e preço dos produtos, e também através destas saídas definem se seguirão mantendo a confiança na empresa ou não. E isto é questão de sobrevivência.

Para Rumler e Brache (1994) a visão por processos inclui três ingredientes que faltam no organograma: o cliente, o produto e o fluxo de trabalho, além de mostrar o relacionamento cliente-fornecedor interno por meio do qual se produzem os bens e serviços.

Para conseguir esta visão, no ocidente, foi necessário criar o conceito de gestão por processos, tentando desmontar os silos funcionais criados pela força dos resultados do modelo de produção em massa que foi reproduzido no mundo todo e que começa a se mostrar ineficaz com o aparecimento de modelo de produção flexível da Toyota Motor Company.

Segundo Martins (1999) não é possível determinar com precisão quando o conceito de gestão por processos surgiu, mas foi na década de 1980 que as primeiras aplicações foram citadas. Na sua tese e depois de uma extensa revisão bibliográfica o autor define a gestão por processos como: “um conjunto de técnicas metodologicamente utilizadas para monitorar e melhorar continuamente os processos chaves de forma a contribuir significativamente para o desempenho da organização”.

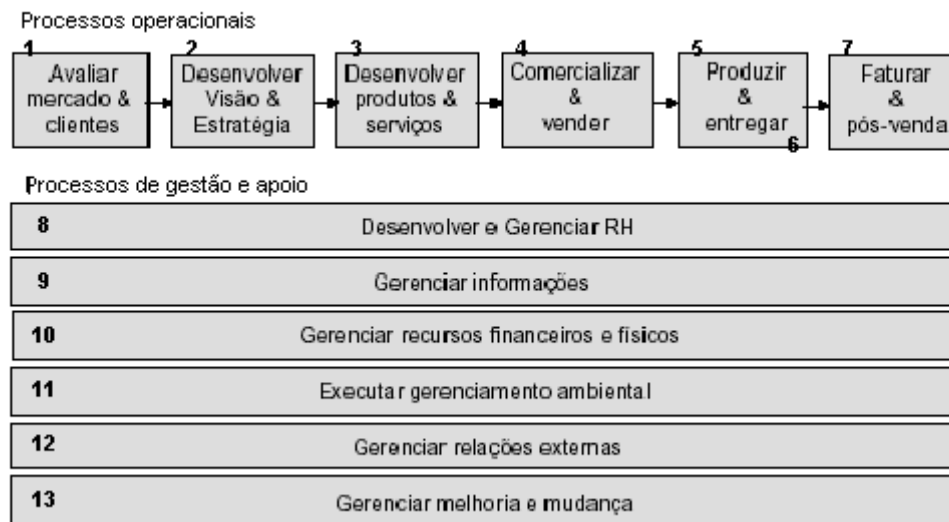
É importante destacar que a maioria dos autores que escreveram sobre visão por processos e sua gestão citam como elemento importante para gerenciar os processos à medição de desempenho. “Os principais elementos da Gestão por Processos são, de acordo com a ordem de maior citação pelos autores: o dono do processo, mecanismo de controle do processo, manual de procedimentos, medição de desempenho e equipe para a fase de implantação.” (MARTINS, 1999).

Dentre os macro-processos de um negócio ou empresa podem-se contar: projeto de produtos e serviços, processo de execução e entrega da ordem por produtos e serviços, obtenção de novas vendas, gestão de recursos humanos, gestão da informação, gestão das finanças, etc. Destes macro-processos, uma empresa de manufatura tem apenas um que faz com que os produtos e serviços requisitados pelo cliente se materializem, este processo é o de execução da ordem por produtos e serviços, aqui será chamado de processo produtivo e é realizado no sistema de manufatura da empresa. No capítulo seguinte se define mais precisamente.

Os processos de negócio têm a característica de ser aninhados, podendo-se falar de pequenos processos (micro-processos) que unidos formam grandes processos (macro-processos) (KAYDOS, 1999; SLACK, 1997; CARPINETTI, 2000). Portanto se faz necessário uma definição precisa do que nesta pesquisa se considera processo produtivo. Para isso se apresentam as arquiteturas APQC e CIM-OSA de modelagem de organizações que detalham suficientemente os processos e permitem definir o termo mais precisamente.

A APQC junto a oitenta grandes empresas criou um modelo genérico para encorajar às empresas a considerar suas atividades desde uma visão por processos ao invés da clássica e estritamente visão funcional.

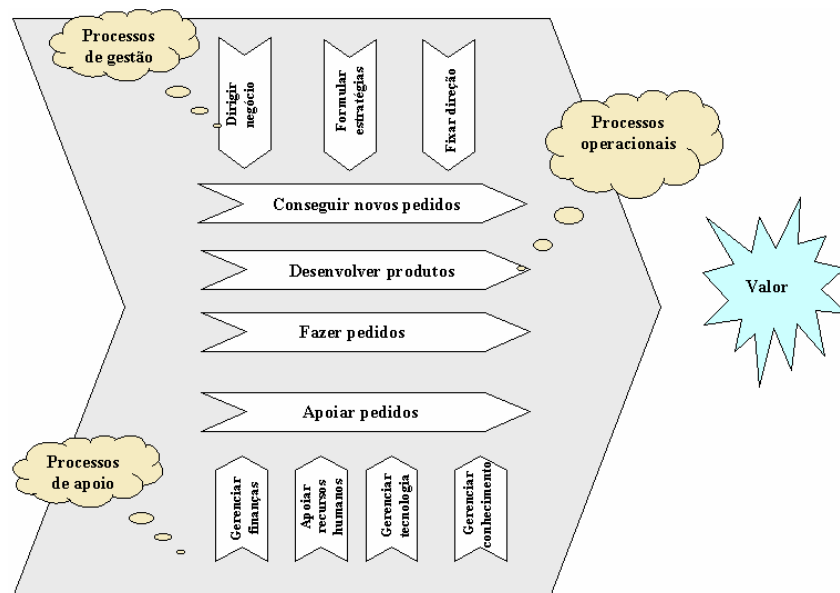
O modelo pretende facilitar o entendimento do processo de negócio e ajudar a definir corretamente seus micro-processos mais importantes. Por ser genérico não aparecem listados todos os processos de uma empresa, mas todos os processos listados existem nas empresas. Na Figura 10 é mostrado o modelo.



**Figura 10. Classificação dos processos segundo a APQC. Fonte APQC (2002).**

O modelo contém treze processos principais divididos em sete processos de operação e seis processos de gestão e apoio. Cada um desses processos está muito bem detalhado em APQC (2002). Os processos cinco e seis são equivalentes, mas discriminados para empresas de manufatura e empresas de serviço.

Um outro modelo que apresenta uma reconhecida abordagem por processos é o modelo CIM-OSA (Figura 11). No CIM-OSA os processos principais do negócio são onze ao total, sendo divididos em processos de operação (4), processo de gestão (3) e processos de apoio (4). A consideração subjacente é que uma unidade de negócio existe pela operação de processos que agregam valor, processo de apoio para esses processos de operação e processos de gestão para gerenciar ambos (BITITCI, 2002b). Este modelo aparece detalhado em Maull *et alli* (1994) e Bititci (2002b).



**Figura 11. Classificação CIM-OSA de processos de negócio. Adaptado: Bititci (2002b).**

O processo de interesse desta pesquisa é o processo de execução da ordem de manufatura (“*fulfil order*”) que é aquele que começa tratando a ordem ou pedido do cliente e acaba com a entrega do produto e serviço solicitado para o cliente.

Já segundo o modelo da APQC o processo produtivo está contido no processo operacional número cinco do modelo APQC: Processo de Produção e Entrega de Empresas de Manufatura.

Segundo a APQC o processo principal se divide nos seguintes sub-processos:

1. Planejar e adquirir os recursos necessários;
2. Converter recursos ou *inputs* em produtos;
3. Entregar produtos;
4. Gerenciar os processos de produção e entrega.

No entanto estes modelos genéricos apenas servem como taxonomia, com o intuito de classificar as atividades executadas em uma empresa. Nas próximas seções se apresentam as duas abordagens que contribuíram profundamente à melhoria de sistemas de manufatura.

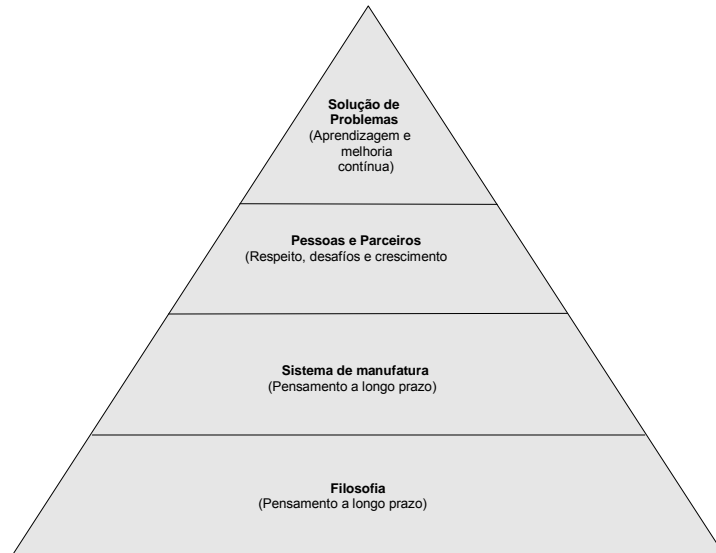
### 2.2.2 A Manufatura Enxuta - *Lean Manufacturing*

Hoje se fala muito em manufatura enxuta porque a “Toyota fabrica carros mais rapidamente, mais confiáveis, a preços competitivos e pagando relativamente os salários mais altos aos seus funcionários” (LIKER, 2004). Portanto, é a companhia mais lucrativa do setor automobilístico no mundo e proximamente se tornara a líder mundial em volume de vendas, processo este acelerado pelos recentes cortes de produção da principal companhia mundial em volume de vendas do mundo, a General Motors. Em especial, nesta tese merece um espaço reservado da revisão bibliográfica porque a Toyota Co. demonstra na prática uma das premissas deste

trabalho. É uma empresa de grande sucesso baseado na excelência operacional de seu sistema de manufatura.

Para fazer esta parte da revisão se utiliza o modelo de Liker (2004) das 4Ps, aprofundando no tocante a sistema de manufatura.

#### 2.2.2.1 O modelo das 4Ps da Toyota



**Figura 12. O modelo das 4P da Toyota. Adaptado Liker (2004).**

Este modelo é chamado das 4Ps em função das quatro palavras utilizadas em inglês que começam com a letra “p”: *Philosophy, Process, People and Partners, e Problem Solving*. Ele é particularmente interessante porque forma parte dos esforços acadêmicos recentes para encontrar um modelo geral de gestão que explique o sucesso da empresa Toyota e o porquê de outras empresas que avançaram tanto na implementação de conceitos e ferramentas inspiradas nesta empresa não conseguem atingir os mesmos patamares de desempenho.

#### 2.2.2.2 Filosofia (*Philosophy*)

A filosofia da Toyota se resume em pensamento em longo prazo ao invés de pensamento em curto prazo. Gerar valor para o cliente, comunidade e economia no lugar de valor para o acionista. Esta visão em longo prazo em contraposição á visão de curto prazo é fundamental já que pensar no curto prazo leva geralmente a tomar decisões erradas que apenas agravam problemas em médio e longo prazo. Isto tem nome na bibliografia sobre arquétipos de Senge (2002), chama-se “consertos que estragam” e está composta por uma solução eficaz em curto prazo que pode exigir mais e mais conserto em médio e longo prazo com um resultado sempre declinante. Um pensamento em curto prazo clássico é o paradoxo qualidade-custo que funciona mais ou menos assim: não se investe em qualidade porque eleva o custo acima do que o mercado está disposto a pagar. No entanto, a experiência mostra que o aumento de custo

acontece apenas no início da melhoria e rapidamente se contabilizará melhoria de qualidade e redução de custos ao mesmo tempo.

A visão de contribuir à economia relatada por Liker (2004) é fundamental para entender o pensamento em longo prazo. Economia em sua definição primária é o uso eficiente dos recursos produtivos e por isso ainda hoje se fala em ser econômicos quando se gasta pouco. A questão de trazer dividendos para os acionistas, questão presente em primeiro lugar na declaração de missão de muitas empresas é uma questão de necessidade financeira das empresas. A Toyota tem mostrado inúmeras vezes a vocação por ser financeiramente sustentável, quer dizer não precisar do dinheiro de ninguém para financiar seus investimentos e isto é a forma mais clara de mostrar a importância que tem para a empresa o pensamento em longo prazo, se tornando independente da necessidade de atender os acionistas em curto prazo por sobre os clientes e comunidade.

Uma síntese pode se encontrar na declaração de missão da Toyota comparada à declaração de missão da Ford relatadas em Liker (2004).

**Tabela 2. Comparação entre a missão da Toyota e da Ford. Fonte: Liker (2004).**

<b>Missão</b> <b>Toyota Motor Manufacturing (América do Norte)</b>	<b>Missão</b> <b>Ford Motor Company</b>
1. Como empresa norte-americana contribuir ao crescimento da economia e da sociedade de Estados Unidos.	1. Ford é uma empresa líder no setor de automóveis tanto quanto em novos setores tais como aeroespaciação, comunicações e serviços financeiros.
2. Como empresa independente contribuir à estabilidade e bem-estar de seus membros.	2. Nossa missão é melhorar continuamente nossos produtos e serviços para atender as necessidades de nossos clientes, permitindo prosperar no negócio e fornecer um retorno razoável aos nossos acionistas, os donos do negócio.
3. Como empresa do grupo Toyota, contribuir ao crescimento do grupo Toyota pela agregação de valor aos nossos clientes.	

O contraste sobre o papel dos acionistas está claro.

Em rigor de verdade, todos os 4Ps são princípios primeiros ou filosóficos, por isso este item mais do que chamar-se filosofia deveria chamar-se visão em longo prazo.

### **2.2.2.3 Pessoas e Parceiros (*People and Partners*)**

O grande objetivo gerencial da Toyota Co. é desenvolver pessoas e equipes excepcionais que sigam decididamente a filosofia da empresa. Portanto, é necessário conhecer muito bem o trabalho sendo executado e por isso as lideranças da Toyota são orientadores para facilitar o trabalho diário, ensinando continuamente o trabalho que supervisionam e sendo respeitados por isso. O objetivo da Toyota é formar líderes que entendam profundamente a filosofia e a execução do trabalho da empresa e ensinem para seus liderados.

Enquanto na maior parte das empresas as atividades de melhoria são desenvolvidas pelos engenheiros e técnicos especializados, na Toyota este trabalho é responsabilidade dos grupos de trabalho de chão de fábrica. Assim as melhorias de processo são projetadas e executadas



pelas pessoas que agregam valor diretamente aos produtos da empresa. A estrutura de liderança da empresa, com poucos funcionários (4 em média) por líder de time e poucos líderes de time (4 na média) por cada líder de grupo pode parecer ineficiente, porém, é necessária para manter os incríveis níveis de melhoria diária da rotina. Sem essa relação de 1 para 4 não seria possível praticar o método socrático de questionamento iterativo para explicar as quatro regras da Toyota Co., segundo Spear e Bowen (1999) a base do sucesso da empresa. Por outro lado, deve-se lembrar que os líderes são orientadores para a melhoria, além de cumprir um papel de válvula de segurança para ocasionais interrupções de trabalho por parte de algum dos liderados (LIKER, 2004).

**Tabela 3. Atividades típicas dos diferentes níveis de gestão para o sistema de manufatura. Adaptada Liker (2004).**

<b>Operadores</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Executar trabalho de acordo ao procedimento operacional</li> <li>▪ Contribuir com pequenas tarefas de manutenção</li> <li>▪ Manter a ordem e limpeza de sua área (5S)</li> <li>▪ Procurar por melhorias do procedimento operacional e tecnologias</li> <li>▪ Participar de grupos de resolução de problemas</li> <li>▪ Participar do programa de sugestões</li> <li>▪ Controlar qualidade de seu trabalho</li> </ul>
<b>Líder de grupo</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Atingir metas locais</li> <li>▪ Controlar as atividades do processo técnico</li> <li>▪ Confirmar qualidade do processo</li> <li>▪ Cobrir absenteísmo e ausências momentâneas</li> <li>▪ Garantir que o procedimento operacional está sendo seguido</li> <li>▪ Garantir que o material necessário para o trabalho seja fornecido</li> <li>▪ Fomentar a formação de grupos de melhoria</li> <li>▪ Assistir aos operadores para melhorar resultados do programa de sugestões</li> <li>▪ Solicitar manutenção corretiva e preventiva dos equipamentos</li> </ul>
<b>Supervisor</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Planejar férias</li> <li>▪ Discutir e viabilizar sobre o programa semanal de trabalho</li> <li>▪ Desdobrar diretrizes para o setor de responsabilidade</li> <li>▪ Trabalhar para elevar moral do time de trabalho</li> <li>▪ Confirmar a rotina da qualidade seguida pelo líder de grupo</li> <li>▪ Coordenação dos turnos de trabalho</li> <li>▪ Operacionalizar melhorias em processos (qualidade, confiabilidade, ergonomia)</li> <li>▪ Relatar resultados diários da manufatura</li> <li>▪ Coordenar o relacionamento cliente-fornecedor interno</li> <li>▪ Cobrir ausência de líder de grupo</li> <li>▪ Garantir segurança do setor sob sua responsabilidade</li> </ul>
<b>Gerente</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Coordenar atividades de treinamento e desenvolvimento de operadores, líderes de grupo e supervisores</li> <li>▪ Melhorias do sistema de manufatura (produtividade, custos, qualidade, flexibilidade, confiabilidade)</li> <li>▪ Coordenar relacionamento com clientes-fornecedores externos</li> <li>▪ Cobrir ausência de supervisores</li> <li>▪ Garantir segurança do sistema de manufatura</li> </ul>

Para ajudar neste desenvolvimento superlativo a medição de desempenho não pode fomentar a avaliação individual e sim a dos grupos de trabalho, atuando como fator motivacional para os grupos. A forma de descobrir rapidamente os problemas (dentro do *pitch*) possibilita uma retroalimentação muito rápida do desempenho dos funcionários e isto parece também ser um grande fator motivacional (LIKER, 2004).

A Toyota também se destaca no seu relacionamento com fornecedores. Sabe-se que a empresa prefere poucos e confiáveis fornecedores (MONDEN, 1984 e LIKER, 2004), isto porque precisa desenvolver seus fornecedores para conseguir fluxo macios e confiáveis de materiais e informações (WOMACK, 2005). Para isso tem os melhores padrões de trabalho da indústria automobilística e trabalha junto aos seus fornecedores para conseguir esses padrões em toda a cadeia de suprimentos (LIKER, 2004). Também é muito importante a visão em longo prazo da empresa, que faz com que não se abandonem os esforços quando aparecem as crises e se invista constantemente em parceria com seus fornecedores. Esta parceria é do tipo compulsória com os fornecedores japoneses a julgar pelo descrito por Imaizumi *apud* Liker (2004). Em USA a Toyota conta com o TSSC (*Toyota Supplier Support Center*) presidido por Ohba, ex-membro do OMCD (*Operations Management Consulting Division*). Atualmente a TSSC trabalha como empresa de consultoria desenvolvendo projetos com empresas até de outros setores e segundo Liker (2004) tem conseguido resultados expressivos.

Um assunto de interesse dentro do relacionamento com fornecedores é a manutenção das tecnologias chave dentro da empresa. Ao igual que outras montadoras terceirizar forma parte do dia-a-dia da Toyota, segundo Liker (2004) a empresa terceiriza 70% da fabricação dos componentes do veículo, no entanto, a empresa trabalha fortemente para manter conhecimento das tecnologias chaves para a indústria. Isto implica em não deixar em mãos dos fornecedores as competências tecnológicas críticas dos novos projetos.

E os fornecedores internos? Isto não pode ser despercebido nesta etapa da revisão. A ISO 9001:2000 incorporou visivelmente o conceito de cliente-fornecedor interno e a Toyota implementa como ninguém este conceito como base de seu sistema produtivo. Poucas empresas trabalham a padronização dos relacionamentos, fazendo com que os fluxos de materiais, informações e serviços estejam claramente sinalizados, sem possibilidades de erros. Isto que pode parecer uma inflexibilidade é de fato um dos pilares da flexibilidade do sistema produtivo como um todo (este assunto é abordado com mais detalhe no modelo de desempenho do capítulo 3).

#### **2.2.2.4 Solução de problemas (*Problem Solving*)**

Este aspecto é importante, pois em conjunto com a visão em longo prazo são imprescindíveis para não desistir no meio do caminho de tornar o sistema de manufatura convencional em um sistema de manufatura enxuto e progredir continuamente no caminho à perfeição. Este autor não pode citar, mas conhece casos de empresas brasileiras que degradaram seus esforços *lean* depois de um início promissor, casos que se agregam aos comumente citados na bibliografia sobre empresas internacionais. A questão toda é que o tradicional bom senso em gestão não

ajuda a manter um sistema enxuto, pois muitas de suas soluções não são de bom senso. Podem-se citar, dentre outras soluções *lean*:

- Parar a produção se não se tem demanda para o dia;
- Parar a produção até encontrar um problema de maquinaria;
- Reduzir tempos de preparação até valores jamais imaginados;
- Aceitar estoques maiores de produtos finais para absorver flutuações de demanda porque podem significar menor estoque final em conjunto devido à redução maior do estoque em processo;
- Não aproveitar ou tentar aproveitar o 100% da capacidade produtiva.

A prática da Toyota para a resolução de problemas é tomar decisões consensadas por meio da reflexão (*hansei*), se necessário vagarosamente, e ser rápidos na implementação das decisões. Os problemas a resolver são problemas reais da empresa, entendendo-se profundamente a situação por meio da observação *in loco* (*genchi genbutsu*). Note-se que de um líder da Toyota espera-se ensinamentos (ele deve ser líder e *sensei*), portanto espera-se de um líder anos de prática continuada na empresa para poder ensinar aos outros.

Segundo Spear e Bowen (1999) por meio do método para a solução de problemas é que a Toyota alcança o grande objetivo de tornar-se uma organização que aprende. Para isso, a Toyota sempre que define uma especificação está criando um conjunto de hipóteses testáveis (SPEAR e BOWEN, 1999). Isto é um método científico que é muito mais do que tentativa e erro sem memória. A explicação mais clara de qual é esse método científico está dada pelos mesmos autores por meio de quatro regras:

- **Regra nº1:** todos os trabalhos devem ser minuciosamente especificados em termos de conteúdo, seqüência, tempo e resultado.
- **Regra nº2:** Todas as conexões cliente-fornecedor devem ser diretas, e deve existir um caminho inequívoco de “sim ou não” para enviar solicitações e receber respostas.
- **Regra nº3:** todos os fluxos de produtos e serviços devem ser simples e diretos.
- **Regra nº4:** todas as melhorias precisam ser feitas em conformidade com o método científico, sob orientação de um professor e no nível mais baixo possível da organização.

Estas regras exigem que exista sempre um método de testar as atividades, conexões e fluxos de forma de poder corrigi-las imediatamente se houver um problema.

Será que aí reside o sucesso da Toyota? Será esta a forma que a Toyota encontrou de transformar o conhecimento individual em conhecimento coletivo, como indicado por Senge (2002)? De fato parece ser uma excelente maneira de conseguir na prática a resposta sintomática das Unidades Básicas de Gestão (UBG) às mudanças do ambiente e fixar as respostas bem sucedidas de uma forma permanente para a empresa por meio da padronização das novas soluções. Parece não ser casualidade que o título do artigo de Spear e Bowen (1999)

fale em DNA fazendo uma analogia com sistemas vivos. Sua teoria está claramente assentada na escola sistêmica e até poderia ser explicada pelos VSM de Beer (1979).

Senge (2002) na seção sobre disciplina da aprendizagem em equipes, na subseção “Lidando com a realidade atual: conflito e rotinas defensivas” marca o estreito relacionamento entre tratamento de conflito e equipes vitoriosas ou medíocres. Enquanto nas primeiras existe normalmente um visível conflito de idéias tratado pelo diálogo contínuo, nas segundas equipes ou o conflito não aparece na superfície ou existe uma rígida polarização que não permite avanços. Membros de equipes medíocres se cercam de rotinas defensivas na hora de enfrentar os conflitos, elas ajudam a não expor os raciocínios que estão por trás das visões de cada membro.

Voltando à Toyota, a prática de ter caminhos únicos para os fluxos de informação, materiais e serviços, fomentar a comunicação dos problemas assim que aparecem e não descansar até solucioná-los, parece ser uma excelente maneira de contar com UBG vitoriosas, onde idéias são trocadas livremente para melhorar os padrões e não encontrar culpados. Simplesmente, a empresa não corre riscos de cair na armadilha de não tratar as situações ou de polarizar o conflito. Um velho adágio diz que para melhorar é necessário saber que existe um problema e a Toyota com seus rigorosos padrões de trabalho e seus fluxos ritmados segundo *pitchs* consegue ver que se está errando e que existe um problema de uma maneira muito eficaz. A Toyota se tornou uma organização que aprende não somente por contar com mecanismos que mostrassem rapidamente os problemas, eles precisavam ser comunicados e por isso os funcionários sabem a quem rapidamente solicitar auxílio, e são estimulados, a solicitar esse auxílio e comunicar os problemas. Esta chave de segurança pode parecer pouco, porém deve-se notar que é uma maneira extremamente eficaz que uma organização de pessoas tem de saber se os problemas existem e poder resolvê-los rapidamente. (LIKER, 2004; SPEAR e BOWEN, 1999). Para a Toyota e para qualquer empresa que se considere *lean* é necessário que este método científico seja articulado no nível hierárquico mais baixo, nas UBG formadas por operadores e supervisores diretos.

Este importante aspecto comportamental é tratado profundamente nesta tese sob o tópico melhoria da gestão da rotina. Pois este é um elo natural entre a manufatura enxuta e a qualidade total, o PDCA de Deming ou o *kaizen* japonês.

#### **2.2.2.5 Sistema de manufatura (*Process*)**

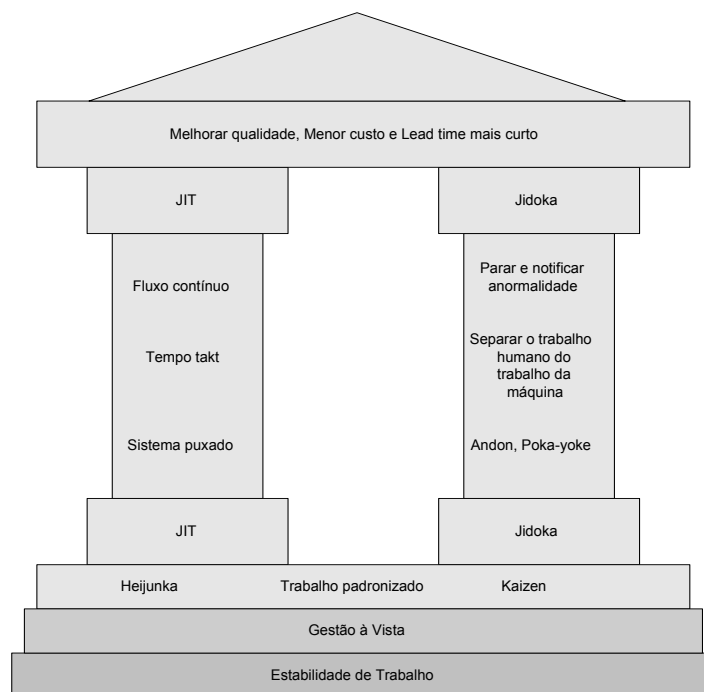
“Tudo o que estamos fazendo é olhar para a linha do tempo”, estas foram as palavras de Ohno quando consultado por Norman Bodek sobre o que a Toyota Co. estava fazendo em sua operação (OHNO, 1997). E isto resume o espírito do Sistema Toyota de Produção da melhor maneira. Manufatura Enxuta é um termo cunhado por John Krafcik, engenheiro mecânico e assistente de pesquisa do MIT, no fim dos anos 1980 e que hoje se popularizou no ocidente como uma forma de citar a forma de trabalhar da Toyota (LÉXICO LEAN, 2003). Krafcik trabalhou no programa do MIT que liderou Womack sobre a competição em empresas do setor automobilístico e cujo produto mais conhecido é o livro: “A Máquina que mudou o Mundo” (1990).

Então pode-se dizer que o termo original em inglês (*Lean Production/Lean Manufacturing*) é dessa época.

A manufatura enxuta pode ser definida resumidamente no seguinte parágrafo:

*“Sistema de negócio para gerenciar o desenvolvimento de produtos, operações, fornecedores e relações com o cliente. A produção enxuta, em comparação à produção em massa, requer menos esforço humano, menos espaço, menos capital e menos tempo para fabricar produtos com menos defeitos de acordo com as especificações precisas dos desejos dos clientes.”*  
(LÉXICO LEAN, 2003)

Em resumo, Manufatura Enxuta é uma tentativa de sistematizar o caminho único e original da Toyota nos últimos 50 anos: o Sistema Toyota de Produção (STP).



**Figura 13. O Sistema Toyota de Produção. Adaptada Léxico Lean (2003).**

Esta casa (Figura 13) foi desenvolvida por Fujio Cho a pedido de Ohno como uma ferramenta de ensino do já consolidado STP (LIKER, 2004). Desde então tornou-se a mais popular das representações e tem tido variações pequenas. Na Figura 13 aparece representada a casa como proposta no Léxico Lean (2003) com a adaptação de Liker (2004) para incorporar a gestão à vista, dada a transcendência que tem para a medição de desempenho.

Por ser uma casa tem fundações que lhe proporcionam uma estrutura sólida que se mantém e melhora continuamente por trabalho padronizado, *kaizen* e nivelamento de mix e volume, com a técnica conhecida como *heijunka*. Os dois pilares são o *JIT* e o *Jidoka*. O primeiro sustentado no fluxo contínuo, no controle puxado da produção e na definição e uso do tempo *takt*. Já o *Jidoka* é a técnica que permite separar o trabalho do homem da máquina e pensar no atendimento a

variações de demanda em função do re-arranjo do trabalho do homem, sem dúvida muito mais flexível que a máquina.

O que se pretende na manufatura enxuta é fazer com que cada processo faça exatamente o que o próximo processo necessita e quando necessita. Desde o consumidor até a matéria-prima em um fluxo regular de materiais que gere o menor *lead time*, o menor esforço humano, o custo mais baixo e a mais alta qualidade.

Isto mostra que a forma de trabalhar da Toyota é muito mais que um desenvolvimento excelente de seu sistema produtivo, é também uma filosofia e uma forma de trabalhar.

Neste estágio estão a maior parte das empresas bem sucedidas em implantar manufatura enxuta em ocidente (LIKER, 2004). Este é o mundo das técnicas, o coração da Toyota, o Sistema Toyota de Produção. A grande contribuição de Ohno e a grande revolução depois da linha de montagem de Ford. Como esta tese está focada precisamente no sistema de manufatura de empresas esta seção entrará brevemente as principais técnicas que já formam parte da curva de aprendizagem dos “*transformadores lean*”. Será breve por que isto já se encontra relatado em inúmeros livros e artigos.

#### **2.2.2.5.1 Valor e desperdícios**

O pensamento enxuto pode ser resumido em cinco princípios (Womack, 1996):

1. Determinar precisamente o valor por produto específico;
2. Identificar a cadeia de valor para cada produto;
3. Fazer o valor fluir sem interrupções;
4. Deixar que o cliente puxe valor do produtor;
5. Buscar a perfeição.

O valor segundo o Léxico Lean (2003) é o “conteúdo inerente de um produto, segundo o julgamento do cliente, refletindo em seu preço de venda e demanda de mercado. Produto aqui é entendido como bem e/ou serviço. Este valor é agregado pelo fabricante, por meio de uma combinação de atividades, algumas das quais produzem valor para o cliente e outras são uma necessidade para a configuração atual do projeto de produtos e o sistema de manufatura”.

O grande objetivo da manufatura enxuta é eliminar todas as atividades desnecessárias, preservando, melhorando e aumentando aquelas que agregam valor para o cliente. Para isso é necessário identificar a cadeia de valor para cada produto que é a sequência de atividades (agregando valor ou não) que iniciam no projeto de produto e termina na transformação física dos materiais passando pela gestão da informação necessária para fazer chegar o produto na hora, na quantidade e na qualidade certa ao cliente.

As atividades da cadeia de valor para o cliente podem ser caracterizadas da seguinte forma (Womack, 1996 e Léxico Lean, 2003):

1. Aquelas atividades que criam valor aos olhos do cliente;

2. Aquelas que não criam, mas são necessárias (*muda* tipo 1) e ainda não podem ser eliminadas;
3. Aquelas atividades que não criam valor e não são necessárias, podendo ser eliminadas imediatamente (*muda* tipo 2).

Uma vez identificada a cadeia de valor, caracterizadas suas atividades e eliminados os desperdícios *muda* tipo 2 o próximo passo é fazer com que as atividades restantes fluam sem interrupções e reduzir constantemente o *muda* tipo 1. O mapeamento de fluxo de valor veio para assistir nessa tarefa e também na seguinte que é fazer com que o cliente puxe produtos, puxe valor do produtor.

Os desperdícios são em verdade a proposta de solução para encurtar a linha do tempo, ou para agregar apenas valor. “A eliminação total do desperdício é a base do Sistema Toyota de Produção. Conseqüentemente a sincronização da produção é praticada com rigidez e a flutuação é nivelada ou suavizada. Os tamanhos dos lotes são diminuídos e o fluxo contínuo de um item em grande quantidade é evitado” (OHNO, 1997). Note-se que este conceito é anterior ao conceito de valor mas são duas caras da mesma moeda. A listagem dos sete desperdícios é devida exclusivamente a Ohno:

1. **Desperdício por produção em excesso (superprodução):** manufaturar além das necessidades do processo técnico cliente. Este é o pior desperdício porque contribui com os outros seis.
2. **Desperdício por espera:** esperas por falha no equipamento, funcionários esperando enquanto equipamentos operam e descontinuidades no fornecimento de peças.
3. **Desperdício por transporte:** movimentação desnecessária de materiais.
4. **Desperdício por processamento:** realizar etapas de processamento incorretamente por defeitos no processo ou projeto ruim.
5. **Desperdício por estoque:** possuir estoques maiores que o mínimo necessário para um sistema puxado de controle.
6. **Desperdício por movimentação:** movimentação desnecessária de funcionários e informações.
7. **Desperdício por correção:** inspeção, retrabalho e refugos.

#### 2.2.2.5.2 JIT - Just-In-Time

*Just-in-time* é o método que permite chegar com o material certo na hora certa ao processo cliente dentro e fora do sistema de manufatura. Para conseguir isso se vale principalmente do conhecido *kanban* como ferramenta de controle da produção. Este termo se tornou conhecido demais pela sua confusão inicial com *JIT*.

O acrônimo *JIT* também é utilizado para referir ao STP ou à manufatura *lean* como um todo, isto quando tratado como filosofia (SLACK, 1997). De fato é mais antigo que o termo *lean manufacturing* e por isso se pode entender o seu uso. No entanto, parece ser mais conveniente

referir-se a ele como o método que permite a sincronização do fluxo de materiais, pessoas e informações. A sincronização implica na chegada dos materiais aos postos de trabalho só quando necessário (daí a importância do fluxo puxado) e um ritmo claro de trabalho que atenda aos clientes externos porém se torne independente de suas oscilações. Isto é conseguido por meio do tempo *takt*.

#### 2.2.2.5.3 Jidoka

*Jidoka* significa fazer as operações com a qualidade controlada durante a operação e também significa a presença de soluções técnicas que permitem separar o homem da máquina e a polivalência (LÉXICO LEAN, 2003).

Para Monden (1984) *Jidoka* tem dois significados e é escrito com dois ideogramas diferentes:

1. *Jidoka* como **automação**: isto é troca de trabalho manual para trabalho mecanizado com a máquina funcionando depois de acionada, porém sem mecanismos a prova de erro caso algum problema venha a acontecer;
2. *Jidoka* como **autonomação** (*Ninbennoaru Jidoka* = automação com a mente humana): a autonomação geralmente envolve algum tipo de automação, porém pode ser utilizada em conjunção com a operação manual.

Em resumo, *jidoka* é uma técnica para detectar e corrigir defeitos e sempre incorpora os seguintes mecanismos: um mecanismo para detectar anormalidades ou defeitos e um mecanismo para parar a linha ou máquina quando as anormalidades ou defeitos ocorrem.

A Toyota utiliza dispositivos de segurança que agregam aos mecanismos de detecção e de parada um mecanismo de sinalização quando um problema está ocorrendo. Para isso são usados os tradicionais *andons* e também quadros luminosos. Os quadros luminosos podem vir acompanhados de lâmpadas de sinalização. Monden (1984) relata que na Toyota Co. tem quadros com cinco cores de sinalização nas lâmpadas:

- Vermelho: problemas com a máquina;
- Branco: fim de um lote com a quantidade completada;
- Verde: parada devido a falta de materiais;
- Azul: presença de produto defeituoso;
- Amarela: necessidade de troca de ferramentas.

Estes sinalizadores (*kanbans* também podem ser incluído nesta categoria) estabelecem um claro relacionamento entre fornecedor-cliente interno, sem ambigüidades. Para Spear e Bowen (1999), esta é a segunda regra que explica o sucesso da Toyota.



#### 2.2.2.5.4 Balanceamento dos lotes - *heijunka*

A máxima expressão de um STP bem desenvolvido é o balanceamento dos lotes dentro de um tempo *pitch*. Para conseguir isto as empresas devem trabalhar muito bem o ritmo de trabalho e os produtos processados no processo puxador. Pode parecer lógico fazer lotes grandes do mesmo bem para aproveitar os *setups* ou a estabilidade do processo. Isto é duplamente prejudicial: implica em maiores estoques de produto final para poder atender clientes com outros produtos diferentes dos que estão sendo fabricados no grande lote e implica em maiores estoques de material em processo (WIP) a montante. Pois, os grandes lotes do puxador são amplificados na programação dos processos anteriores (ROTHER E SHOOK, 2003). Esta prática de nivelar o volume e *mix* de produção é funcional ao trabalho das equipes de melhoria, já que o nivelamento pelo tempo *takt* (na prática o *pitch*) força a resolver os problemas dentro desse tempo, tornando-se assim no máximo tempo que se passa sem saber que existe um problema no fluxo de materiais.

#### 2.2.2.5.5 Mapeamento de Fluxo de Valor

Para James Womack e Daniel Jones (1996), seus leitores e transformadores *lean* esqueceram a quarta etapa de sua proposta nas tentativas de implementar a manufatura enxuta. Fizeram bem as três primeiras etapas:

1. Encontre um agente de mudança;
2. Encontre um *sensei* para lhe emprestar sua curva de aprendizagem;
3. Aproveite uma crise para motivar a ação na sua empresa;

Mas, pularam para a etapa:

5. Escolha algo importante e comece removendo rapidamente o desperdício;

Porém a esquecida etapa quarta, é a mais importante:

4. Mapeie o Fluxo completo de Valor para todas suas famílias de produtos.

Esta etapa é importante porque vai evitar os esforços *kaizen* focados em uma parte do Fluxo de Valor e que podem acabar não agregando muito em longo prazo, fazendo fracassar os esforços iniciais e colocando em descrédito as melhorias.

O MFV é conhecido na Empresa Toyota como Mapeamento do Fluxo de Informações e Material e não é usada para treinar ou “enxergar”. É usada pelos funcionários da Toyota para retratar o estado atual e o futuro no processo de desenvolvimento dos planos de implementação dos sistemas enxutos.

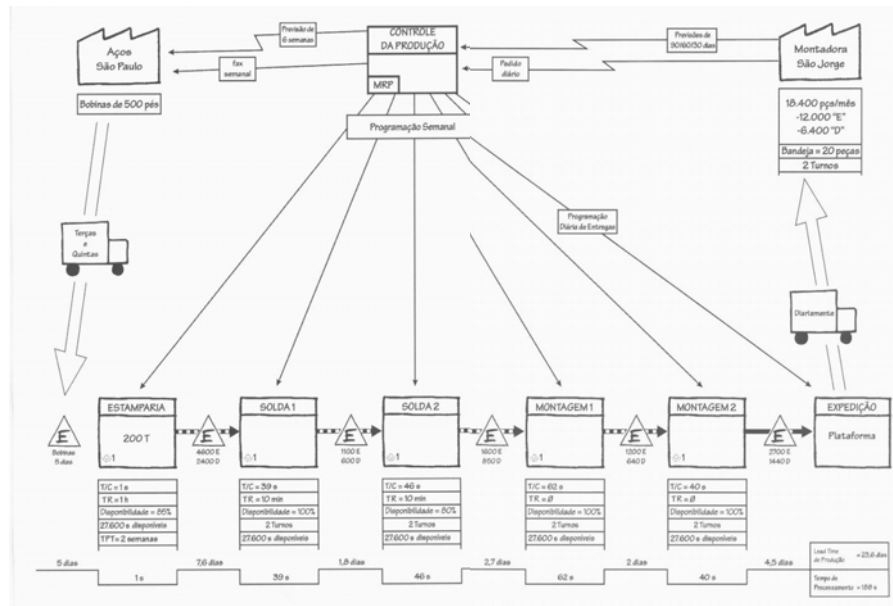


Figura 14. Exemplo de MFV. Fonte: Rother e Shook (2003).

Em resumo, a manufatura enxuta promove a simplicidade do fluxo de materiais e informações, junto a uma complexidade maior na operação dos funcionários que devem seguir padrões claros de trabalho para não prejudicar o fluxo de materiais. Esta complexidade resulta em alta flexibilidade na hora de arranjar o trabalho para atender diferentes demandas e assim, junto ao fluxo contínuo de materiais se transforma em técnica chave para a manufatura enxuta. Outorgando uma resposta muito rápida à variações de demanda.

### 2.2.3 Gestão da rotina

A rotina está constituída por todas as operações ou atividades diárias repetitivas e plausíveis de padronização dentro do sistema de manufatura (CAMPOS, 1992). Assumindo que todas as operações desenvolvidas em empresas de manufatura podem ser classificadas segundo a Figura 15, as que formam parte da rotina são as operações de preparação e ajuste, operações principais e auxiliares, assim como folgas de operação e entre operações.

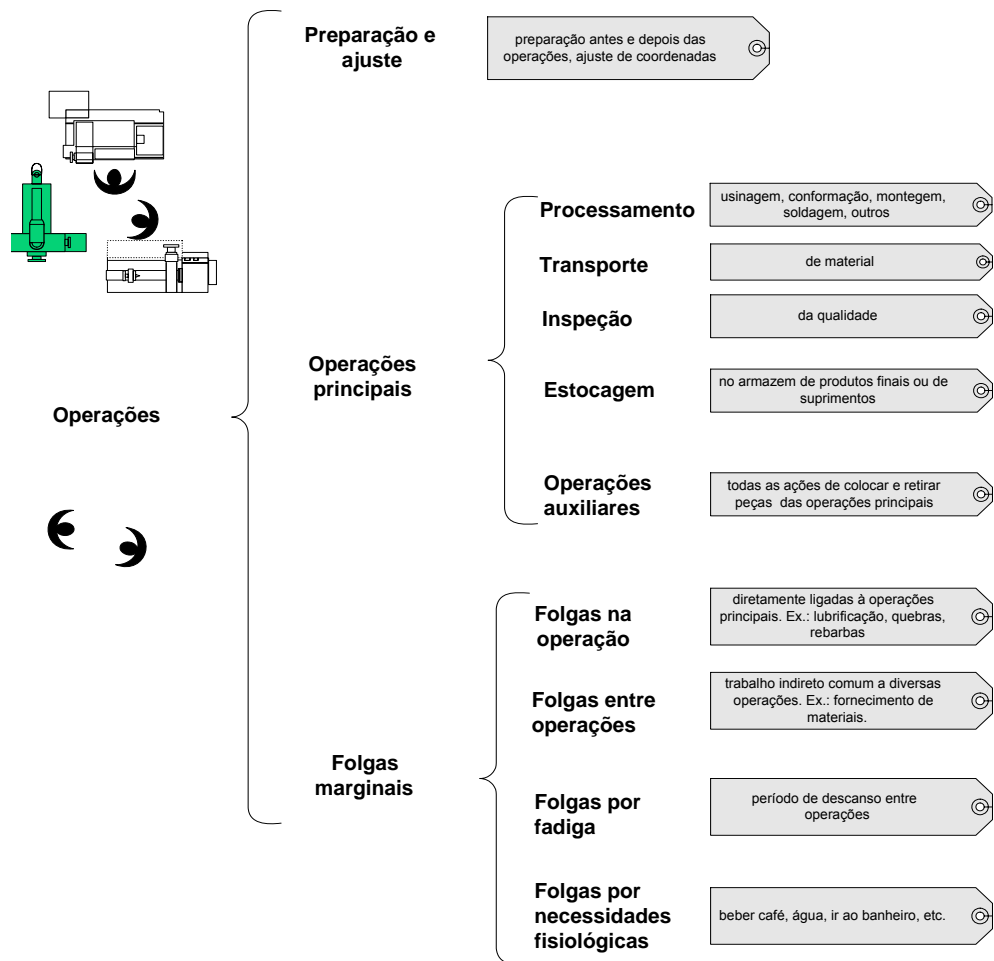


Figura 15. Classificação de operações em empresas de manufatura. Adaptado Shingo (1988).

Ainda se podem classificar estas operações desde o ponto de vista da agregação de valor para o cliente, princípio chave do pensamento *lean*:

1. **Operações que agregam valor:** são as operações pelas quais o cliente paga ou está disposto a pagar. Isto inclui todas as operações principais de processamento que realmente são necessárias.
2. **Operações incidentais:** operações atualmente necessárias, mas que não agregam valor nenhum para o cliente. Todas as operações de preparação e ajuste, assim como principais auxiliares caem neste rótulo. Também as folgas na operação para lubrificação, etc. (MUDA tipo 1).
3. **Operações desperdício:** operações, a diferença das incidentais, que podem ser eliminadas completamente sem prejudicar as operações de agregação de valor para o cliente. Aqui é comum encontrar operações de estocagem, transporte duplo, etc. (MUDA tipo 2).

Para Smalley (2005) muitas empresas estão paradas em seus esforços *lean* principalmente porque têm negligenciado os esforços para manter uma estabilidade básica no seu sistema de

manufatura. O fluxo não é estabelecido porque pontos-chaves do sistema não são estáveis, a gestão da rotina tem sido negligenciada.

A gestão da rotina pode ser definida como as práticas operacionais diárias que garantem a previsibilidade do sistema de manufatura. Essa previsibilidade pode ser dividida em quatro elementos principais, os 4M's:

- **Mão-de-obra:** deve ser bem treinada e ter plena autonomia para eliminar desperdícios e agregar cada vez mais valor a seu trabalho. A gestão tem a obrigação de oferecer um ambiente de trabalho que fomente a participação sem barreiras hierárquicas e departamentais;
- **Máquinas:** os equipamentos têm que ser confiáveis e assim permitir trabalhar com tempos de ciclo próximos ao tempo *takt* (ciclo da demanda). De fato é mais importante uma disponibilidade estável do que uma alta disponibilidade, apesar de que se deve trabalhar para maximizar os dois objetivos;
- **Materiais:** a empresa não pode ficar presa a fornecedores não confiáveis que obrigam inevitavelmente a acumular estoques no almoxarifado e em processo. Falta de materiais tira disponibilidade do processo e torna muito difícil manter os métodos de trabalho e a satisfação dos funcionários;
- **Métodos:** a chave para a gestão da rotina é ter bons padrões técnicos de processos e procedimentos operacionais sendo seguidos e melhorados continuamente. Como apoio conta-se com diferentes ferramentas: quadro de capacidade do processo, tabela de combinação do trabalho padronizado e diagrama de trabalho padronizado, além da folha de procedimento operacional. Padrões devem ser melhorados continuamente pelos supervisores, times de melhoria e funcionários.

### 2.2.3.1 Gestão da rotina e Seis Sigma

Atualmente o conceito mais em voga pelo TQM (*Total Quality Management*) é o Seis Sigma. Nesta seção procura-se explicar o que tem de novo o Seis sigma e mostrar o que agrega à gestão da rotina.

Segundo Barney (2002), o Seis Sigma como conceito foi introduzido por Bill Smith quem pertencia à divisão de comunicações da Motorola, em 1986. Smith desenvolveu um método para resolver o crescente número de reclamações relativas a defeitos no produto dentro do período da garantia. O método padronizou a forma de contagem dos defeitos e também definiu um alvo de qualidade dos processos técnicos, onde a empresa se posicionaria em um nível próximo da perfeição. Isto foi denominado Seis Sigma (RIOS, 2006).

Pensar em Seis Sigma traz automaticamente à cabeça os casos de sucesso das pioneiras Motorola e General Electric, empresa onde o método de melhoria DMAIC foi padronizado para atingir a qualidade Seis Sigma através da solução dos problemas críticos. Atualmente o método já ganhou importantes contribuições de empresas como *IBM*, *Xerox*, *Texas Instruments*, e *AlliedSignal* (SIQUEIRA, 2005). No Brasil uma empresa de consultoria de destaque neste

assunto é a INDG, chefiada pelo professor Falconi Campos. No seu portal citam-se importantes empresas que utilizam hoje o Seis Sigma no país: a Belgo-Mineira, AmBev, Grupo Gerdau, Grupo Brasmotor, Maxion Internacional Motores, Telemar, Johnson&Johnson, CST, Políteno, Alcan, Acesita, Itambé, Grupo Martins, BSH Continental Eletrodomésticos, Caraíba Metais, Cebrace e Volkswagen do Brasil. (Portal INDG, 2005). Os programas da INDG foram criados juntando as experiências japonesa (JUSE) e americana (Six Sigma Associates), fazendo um grande esforço de adaptação à realidade brasileira.

A pergunta é inevitável, o que é o Seis Sigma, e por que tantas e tão expressivas empresas aderiram? Para os principais autores sobre o assunto varia desde um objetivo de desempenho, passando por uma medida estatística, um método e até considerá-lo uma filosofia (RIOS, 2006).

Segundo Linderman *et alli* (2003) Seis Sigma é um método organizado e sistemático para melhoria de processos estratégicos e desenvolvimento de novos produtos e serviços que se vale de métodos estatísticos e científicos para trazer grandes melhorias em taxas de defeitos como definidas pelos clientes.

Para este autor Seis Sigma é uma maneira objetiva de medir desempenho da qualidade através da capacidade dos processos técnicos, seus produtos ou serviços em “Nível Sigma” e de ter um método padronizado por projeto (DMAIC para processos e DMADV para produtos e serviços) com técnicas científicas para atingir este nível de qualidade. Nesse sentido é uma ferramenta muito útil para a melhoria da gestão da rotina, além de sê-lo para o desenvolvimento de novos produtos, processos e serviços.

Breyfogle *et alli* (2001) define o conceito estatístico de Seis Sigma baseado em dois elementos, os limites de especificação e a curva de distribuição normal. Na Tabela 2 aparece o nível sigma para o processo centrado, isso implicaria que somente 0,002 ppm estariam fora dos limites de especificação. Como isto é praticamente impossível por causa das variações normais do centro da especificação foi deslocado o centro do processo em  $1,5\sigma$  para a obtenção do cálculo do sigma e estabelecer o nível de qualidade Seis Sigma. A Tabela 2 mostra o impacto do deslocamento de  $1,5\sigma$  no DPMO e no Rendimento.

**Tabela 2 Tabela simplificada de Sigma para processo centrado e deslocado de  $1,5\sigma$  respectivamente. Fonte- Breyfogle *et alli* (2001).**

Nível Sigma	Rendimento (%)	Defeituosos (ppm)	Nível Sigma	Rendimento (%)	Defeituosos (ppm)
$\pm 1\sigma$	68,27	317300	$\pm 1\sigma$	30,23	697700
$\pm 2\sigma$	95,45	45500	$\pm 2\sigma$	69,13	308700
$\pm 3\sigma$	99,73	2700	$\pm 3\sigma$	93,32	65810
$\pm 4\sigma$	99,9937	63	$\pm 4\sigma$	99,3790	6210
$\pm 5\sigma$	99,999943	0,57	$\pm 5\sigma$	99,97670	233
$\pm 6\sigma$	99,999998	0,002	$\pm 6\sigma$	99,999660	3,4

A estatística  $\sigma$  sigma representa o nível de qualidade e a quantidade de não-conformidades ou defeitos produzidos de um determinado processo técnico. A tabela mostra que para cada “Nível

Sigma” se tem um correspondente Rendimento e um DPMO (Defeitos Por Milhão de Oportunidades). Estima-se que um desempenho em torno de 3 a 4 sigma (média das companhias no mundo) representa perdas de 10 a 15% da receita de vendas devido a não-conformidades, defeitos e desperdícios. Também estima-se que a melhora de 1 sigma em uma empresa, tem um impacto aproximado de 20% de aumento na margem operacional e aumento de 12% a 18% na capacidade (DAFFRE, 2004).

O método para atingir estes resultados é o denominado DMAIC, como segue passos similares ao *QC Story* e utiliza ferramentas da qualidade e de análise comuns a esta ferramenta da qualidade, é inevitável a comparação. Qual é o diferencial deste método para eliminação de anomalias se comparado com o *QC Story*?

Para alguns autores, como Montgomery (1997) e Blauth (2003), o Seis Sigma é o TQC da Motorola, e é factível misturar as duas metodologias devido a sua similaridade com relação a alguns dos princípios em comum, como a orientação para o cliente, o foco no processo e o comprometimento da alta direção.

Já Pande (2004) e Siqueira (2005) estão no outro extremo. Apesar do TQC e o Seis Sigma estarem apoiados em ferramentas comuns, a sua gestão é diferente. O TQC tem sua base no aprimoramento contínuo e é considerado como uma jornada em que nunca se atinge o alvo, já o Seis Sigma também busca a perfeição mas, com alvos bem definidos através dos quais é possível saber quando foram atingidos e faz os ganhos mais evidentes (RIOS, 2006). A Tabela 4 resume o exposto.

**Tabela 4. Comparação do Seis Sigma com TQC. Fonte: Rios (2006).**

<b>Seis Sigma</b>	<b>TQC</b>
Propriedade executiva	Equipes auto-direcionados
Sistema de execução dos negócios	Iniciativa da Qualidade
Funções verdadeiramente cruzadas	Funções amplamente individuais
Treinamento focado no retorno financeiro e base estatística	Treinamento pobre em ferramentas estatísticas e da Qualidade
Orientação para os resultados do negócio	Orientação para a Qualidade do produto
Aprimoramento “projeto a projeto”	Aprimoramento contínuo
Alvo palpável	Alvo intangível

LIKER (2004) escreve sobre Seis Sigma em algumas linhas de seu trabalho, para o autor o Seis Sigma é uma extensão do TQC, seu foco é no treinamento de especialistas o que o torna muito caro. Também assegura que embora a Toyota não tenha um programa Seis Sigma implementado, a Empresa consegue através de ferramentas estatísticas um alto nível de qualidade.

Em síntese, a estratégia Seis Sigma apresenta vantagens com relação a outros métodos porque além de ter seu fundamento no ciclo de melhoria contínua PDCA enriquece seu desempenho com métricas específicas relacionadas com a variabilidade dos processos, com uma forte orientação para o cliente, e com uma documentação sólida para sustentar a

implementação das melhorias. A sua fortaleza maior para a indústria ocidental é o fato de estar baseada no trabalho de especialistas e projeto por projeto. Sua fraqueza está em não fomentar o trabalho das UBG tal como é feito na Toyota Co.

### **2.2.3.2 DMAIC - O método para atingir o alvo Seis Sigma**

Segundo Campos (1994), uma anomalia é qualquer desvio das condições normais esperadas para a execução da atividade, tarefa ou elemento de trabalho. Esse padrão esperado está refletido no procedimento operacional da atividade. DMAIC é a sigla para lembrar as cinco grandes etapas do método

#### **2.2.3.2.1 Etapa1: Definir**

O primeiro passo para enxergar a oportunidade de melhoria é definir o problema. A equipe de trabalho deverá responder várias perguntas e entender várias questões sobre os melhores lugares para atingir o nível Seis Sigma.

#### **2.2.3.2.2 Etapa 2: Medir**

Medir é um procedimento lógico que faz a ponte entre a definição e análise. Medir tem por objetivos quantificar o estado atual e identificar as primeiras soluções para o problema.

#### **2.2.3.2.3 Etapa 3: Analisar**

Nesta etapa procura-se pelos detalhes encontrando as causas dos problemas. O objetivo neste estágio é encontrar a causa fundamental. Algumas vezes a causa fundamental é evidente e outras formam parte de costumes e pensamentos profundamente enraizados nas práticas da empresa. Para esta etapa usam-se técnicas apropriadas para análise de dados que possam aproveitar as medidas estabelecidas na etapa anterior.

#### **2.2.3.2.4 Etapa 4: Melhorar**

Nesta etapa se trabalha sobre a solução aos problemas identificados na etapa anterior. A criatividade tem papel importante no melhoramento, e como idéias inovadoras não são abundantes nas reuniões de equipes de melhoria, devem ser usadas todas as técnicas disponíveis para fomentá-las. A etapa anterior é chave para não trabalhar sobre a solução de causas superficiais, desperdiçando grande parte das energias da equipe de trabalho.

#### **2.2.3.2.5 Passo 5: Controlar**

Pande (2001) *apud* Rios (2006) compara as organizações como uma fita elástica: inicialmente estica no começo das implementações mas quando o esforço deixa de ser aplicado retorna à forma anterior. Evitar que isto aconteça é tarefa do controle, e para tal, a equipe de controle tem tarefas fundamentais como as mostradas na última coluna do Quadro 1:

Quadro 1. Ferramentas aplicadas em cada etapa. Fonte: Rios (2006).

D	M	A	I	C
Relatório de definição; Mapa de processo; Indicadores de desempenho; Capacidade do processo: carta de controle; Voz do cliente; Árvore de produto; Análise de custos	Avaliação do sistema de medição (MSE); Plano para coleta de dados; Folha de verificação; Amostragem; Diagrama de Pareto; Métricas do Seis Sigma; Histograma; <i>Boxplot</i> ; Análise multivariância; <i>Benchmark</i> das melhores práticas.	Fluxograma; Mapa de processo; FMEA de projeto e de processo; Histograma; <i>Boxplot</i> ; Diagrama Causa-efeito; Diagrama de relações; Carta de controle; Teste de hipóteses DOE; Análise de tempo e falhas.	<i>Brainstorming/ Brainwriting</i> ; Diagrama Causa-efeito; FMEA; <i>Stakeholders Analysis</i> ; Testes de operação; 5W1H; Diagrama de árvore;	Avaliação do sistema de medição; Diagrama de Pareto; Carta de controle; Histograma; Métricas do Seis Sigma; <i>Poka-Yoke</i> ; Manuais; Treinamento; Folha de verificação; Relatório de anomalias.

Para este autor o método Seis Sigma é um avanço técnico dado sua proposta de foco e de crescimento projeto por projeto e deve ser utilizada principalmente pela engenharia. Todas suas ferramentas estatísticas de alto poder permitem atacar problemas complexos. Porém filosoficamente é um retrocesso, pois propõe o uso de ferramentas por especialistas *Yellow Belt*, *Green Belt*, *Black Belt* e *Master Black Belt*. A solução da Toyota, envolvendo as UBG em aprendizagem contínua é melhor.



### 2.3 Os principais modelos de referência de medidas de desempenho

Nesta seção se faz uma cronologia dos principais modelos de referência de medidas de desempenho para organizações em geral e empresas em particular. Antes disso, a modo de contextualização, escreve-se sobre a medição tradicional da Era da Produção em Massa e as características desejadas nos sistemas de medição de desempenho modernos.

#### 2.3.1 A medição tradicional, com base na contabilidade de custos

Durante muito tempo a gestão do desempenho caracterizou-se pela busca de otimização da eficiência operacional e o suporte à atividade gerencial mais importante: a gestão financeira/contábil. Isto era assim porque a realidade da Era da Produção em Massa com poucas mudanças de produto e processos de fabricação, poucos produtos e serviços sendo oferecidos em altos volumes, processos de fabricação altamente intensivos em mão-de-obra, empresa operando em mercados isolados com pouca concorrência e ênfase na redução de custos por meio da maximização da utilização dos bens de capital e mão de obra assim, o ditava.

A principal técnica utilizada para medir desempenho durante essa Era foi a contabilidade de custos<sup>8</sup>. A contabilidade de custos básica é simples de definir, mas atrás de sua simplicidade esconde um caminho enganoso para a Era da Manufatura Enxuta que só foi reconhecido nos finais dos anos 1970. A contabilidade de custos divide os custos de uma empresa em variáveis ou diretos e fixos ou indiretos. Se aplicados à operação de sistemas de manufatura, os custos variáveis são aqueles que variam diretamente com a fabricação de uma peça como trabalho direto, materiais e energia - e os custos fixos são aqueles custos de apoio ao processo produtivo tais como custos de infraestrutura, equipamentos, salários de supervisores, gerentes, segurança, limpeza, etc., necessários para manter a coordenação da empresa.

Como no passado a configuração do setor industrial era dominada pelos custos diretos tudo funcionava razoavelmente bem, mas com a mudança para a Era da manufatura enxuta apareceu a necessidade de contabilizar melhor os custos indiretos devido a sua crescente importância. Foi o trabalho de Miller e Vollmann (1985) sobre “A Fábrica Oculta”, o primeiro a mostrar os problemas de alocar os custos indiretos em função dos custos diretos para a fabricação de produtos. Eles perceberam que a verdadeira força motriz e candidata a base de alocação dos custos indiretos provêm de transações e não de produtos físicos (OSTRENGA, 1997). Isto quer dizer, as atividades antes colocadas como custos indiretos na verdade pertencem a processos de transformação de insumos em produtos e, portanto, podem ser alocados em função do produto ao qual estão servindo.

“Inicialmente desenvolvida a fins do século XIX com o propósito de atribuir os custos totais de operar fábricas têxteis, ferrovias, fabricação de aço e vendas de varejo para produtos,

---

<sup>8</sup> Do inglês cost accounting

departamentos e atividades específicos a contabilidade de custos está atualmente em lugares onde os sinais da sua idade são evidentes. Não apenas está fornecendo informação inadequada ou enganosa para os gerentes, essas informações estão levando à tomada de decisão errada. Sem esquecer que por causa da comunicação distorcida de informação sobre desempenho, prêmios e punições, a contabilidade de custos está afetando crescentemente e negativamente a motivação e moral dos níveis operacionais da organização” (HAYES *et alli*, 1988).

Os problemas gerados pelo uso de sistemas de medição de desempenho concebidos a partir de conceitos da contabilidade de custos tradicional na Era da Manufatura Enxuta são segundo Martins (1999):

- Visão de curto prazo para atingir resultados financeiros satisfatórios;
- Otimização do desempenho local ao invés da otimização do desempenho global;
- Monitoramento voltado para dentro da empresa e não para o ambiente externo;
- Avaliação insatisfatória de investimentos em novas tecnologias produtivas;
- Avaliação somente da eficiência operacional;
- Acompanhamento somente dos resultados finais alcançados e não das causas desses resultados;
- Descrição do desempenho passado com falta de relevância para tomada de decisão na manufatura visando a solução de problemas;
- Informação disponível tardiamente, devido ao longo ciclo de processamento dos dados pelo setor de contabilidade;
- Resultados excessivamente sintéticos; e impedimento da adoção de novas filosofias e métodos de gestão.

Este foi o quadro que motorizou a aparição de novas propostas para medir o desempenho de empresas. Não é tarefa simples colocar uma data inicial para o desenvolvimento da revisão das principais contribuições no campo de medição de desempenho, pois a gestão do desempenho como processo gerencial e a medição de desempenho como ferramenta não são assuntos novos em absoluto.

Escolheu-se a década de 1980 por ser a década da crítica aos sistemas de medição de desempenho. Então a revisão começara na década de 1980 e terminará com as propostas estruturadas mais recentes. Obviamente só serão citados os trabalhos mais relevantes já que uma triagem é necessária perante a abundância de material no campo de estudo.

### 2.3.2 A década de 1980 e a crítica à medição de desempenho

Antes mesmo de entrar na década de 1980 Skinner (1974), Banks & Wheelwright (1979) e outros autores falavam sobre a falta de foco estratégico, o encorajamento da visão de curto prazo e a falta de medidas de qualidade, confiabilidade na entrega, e flexibilidade dos sistemas

de medição de desempenho da época. A preocupação pela falta de capacidade da gestão de se adequar ao novo paradigma da Era da Manufatura Enxuta vai de encontro à preocupação pela falta de alinhamento estratégico do sistema de manufatura com o negócio da empresa e assim aparecem as primeiras e importantes críticas aos modelos de gestão do desempenho. “Assim, é preciso abandonar sistemas de medição de desempenho que representam um obstáculo à revolução das novas tecnologias produtivas e as novas formas de gestão.” (KAPLAN 1984 *apud* MARTINS, 1999).

Outras bem documentadas e respeitáveis críticas foram apresentadas na seção anterior e foram o prelúdio de um forte interesse no campo de estudo que deu surgimento à alguns modelos de referência reconhecidos no final da década e uma grande quantidade na década seguinte. Os modelos mais representativos são apresentados nesta revisão, porém antes se faz uma introdução ao desdobramento pelas diretrizes já que na opinião deste autor é o início da medição de desempenho operacional em forma sistemática. O desdobramento pelas diretrizes também está fortemente associado a estratégia para o sistema de manufatura.

### 2.3.2.1 Desdobramento pelas diretrizes

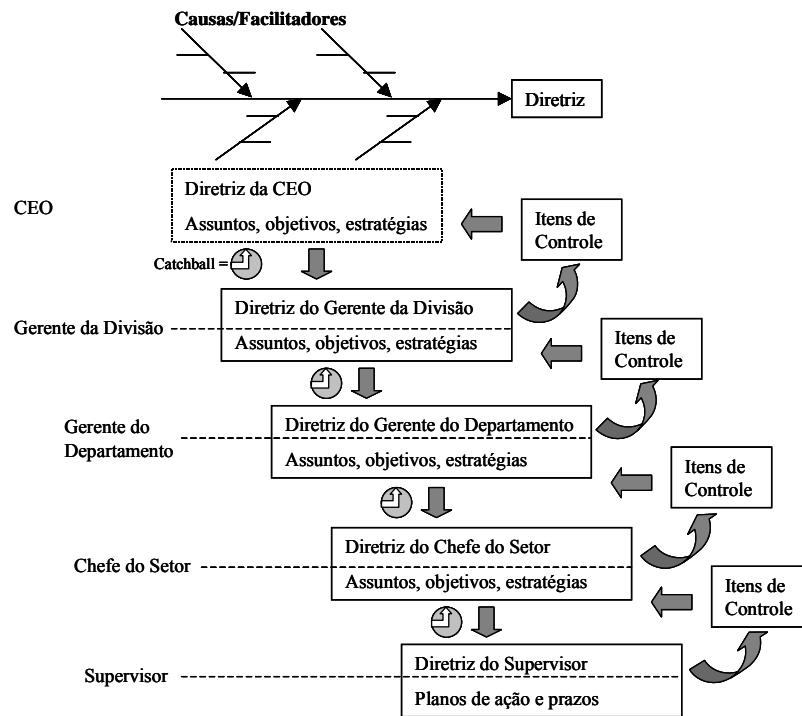
A semente da medição de desempenho operacional, para este autor, tem que ser rastreada até início dos anos 1960 no Japão, quando surge o *hoshin kanri*, conhecido no Brasil como desdobramento pelas diretrizes principalmente pela obra do professor Falconi Campos (1992 e 1994). É através do desdobramento de diretrizes estratégicas para a operação que a medição de desempenho operacional se desenvolve, como uma forma de melhor entender os avanços da empresa em matéria de desempenho.

Por isso esta revisão bibliográfica não podia iniciar sem explicar o desdobramento pelas diretrizes. Segundo Akao (1991), o desdobramento das diretrizes iniciou-se com as práticas das empresas japonesas<sup>9</sup> ganhadoras do Prêmio Deming de qualidade, quando foram introduzidos os itens de avaliação: diretriz e planos, organização, relações interdepartamentais, análise, controle e efeitos. Assim se introduziu o TQM no Japão nos anos 1961 à 1965. Para o mesmo autor o desdobramento pelas diretrizes é um dos pilares do TQM. Merli (1993) coloca o desdobramento pelas diretrizes como um dos cinco subsistemas do TQM.

No Japão, o desdobramento pelas diretrizes é conhecido como *hoshin kanri*, e no ocidente também foi traduzida como Gestão pelas Políticas (Management by Policies), *Hoshin Management* ou *Hoshin Planning*. Martins (1999) o chama de Gestão pelas Diretrizes.

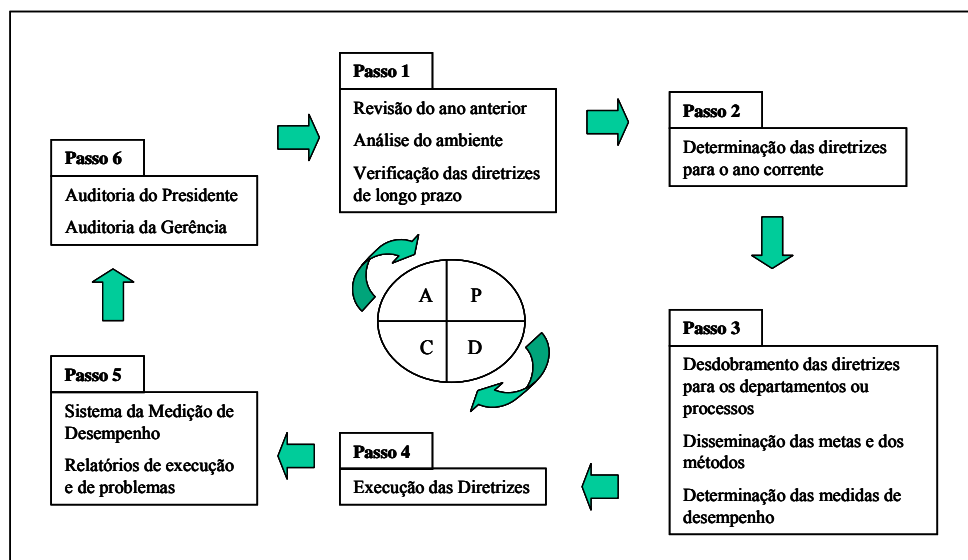
Baseado no quadro resumo da excelente revisão bibliográfica de Martins (1999: pp. 33-34) pode-se concluir que desdobramento pelas diretrizes é uma ferramenta de gestão que fornece uma tradução da estratégia para a operação e faz isso com apoio da medição de desempenho, dentre outras ferramentas.

O desdobramento das diretrizes deve ser feito em forma participativa, com base negociada entre as diferentes hierarquias, a figura a seguir mostra este desdobramento:



**Figura 16. Esquema de Desdobramento das Diretrizes. Adaptado de Martins (1999).**

O desdobramento deve ser realizado em base anual e para isso segue-se basicamente o ciclo PDCA de Deming como mostra a figura:



**Figura 17. Ciclo anual de desdobramento. Adaptado Martins (1999).**

Assim, devido às práticas japonesas de sucesso para a manufatura apareceram os primeiros modelos nos finais dos 1980 para medir desempenho de uma forma diferente.

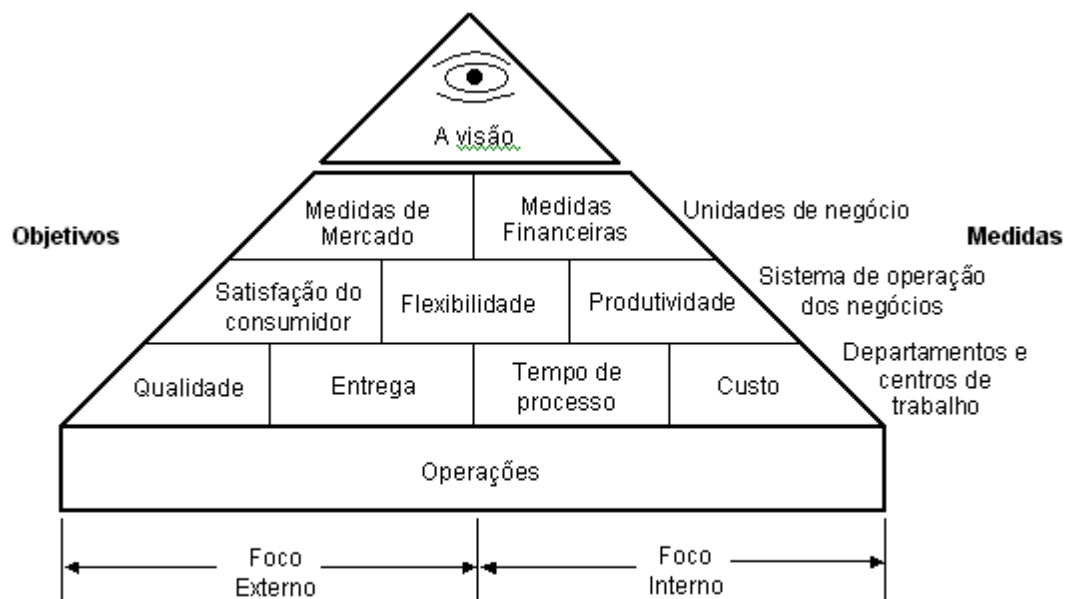
<sup>9</sup> Nissan Automotive (1960), Teijin e Nippon Denso (1961), Sumitomo-Denko (1962), Nippon-Kayaku (1963), Komatsu (1964) e Toyota Jiko (1965).

### 2.3.2.2 A pirâmide de desempenho SMART (1988)

Este é um modelo que nasceu na Wang Laboratories Inc., situado em Massachusetts, como resultado dos esforços encarados no programa EPIC (*Experimental Process Improvement Challenge*) durante o qual se reestruturou a fábrica de acordo com conceitos JIT (*Just-in-Time*). Através do programa se obteve bons resultados em melhoria da qualidade, motivação dos operários e tempos de ciclo (Cross & Lynch, 1988). Porém, os gerentes da Wang sentiram-se frustrados por não ter indicadores de desempenho que lhes dessem informação sobre quão bem estavam-se saindo com as mudanças.

Eles queriam que seu sistema de medição de desempenho contribui-se para:

- Medir como os departamentos e funções estavam contribuindo a alcançar a missão estratégica;
- Alinhar a produção aos objetivos estratégicos;
- Integrar informação financeira e não-financeira para poder ser utilizada pelos gerentes operacionais;
- Focar no cliente;
- Ser a base para o sistema de incentivos e premiações.



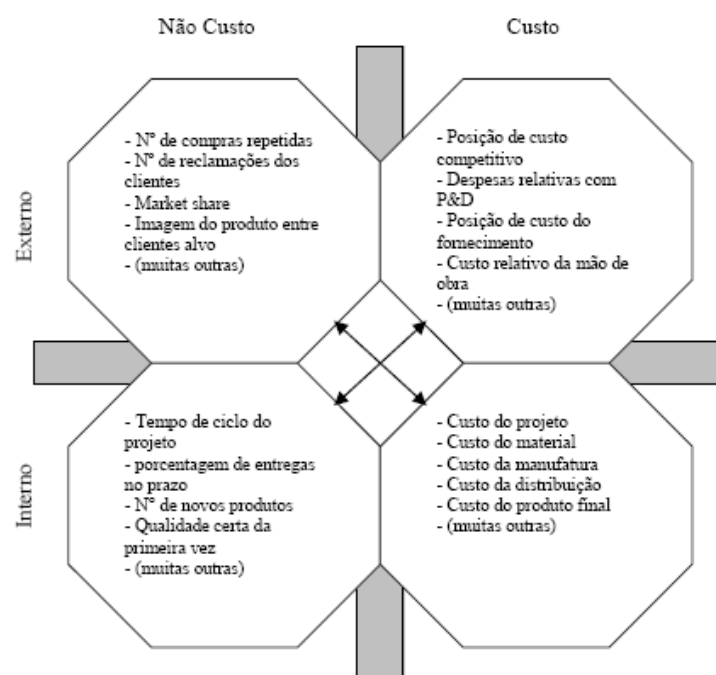
**Figura 18. A pirâmide SMART. Fonte: Cross & Lynch (1988).**

E o resultado foi o modelo SMART (*Strategic Measurement, Analysis, and Reporting Technique*). Observando a Figura 18 pode-se ver que as medidas são divididas em aquelas com foco externo – relacionadas ao mercado - e as com foco interno – relacionadas a critérios financeiros - que em última instância são definidos pelos acionistas ou donos do negócio. Por sua vez existe um desdobramento hierárquico começando pela unidade de negócio e terminando nos departamentos e centros de trabalho com o elo dado pela operação ou processos. Para

cada nível existem as forças diretoras e também para cada nível devem ser definidas as freqüências e informações relevantes trabalhando em equipe. “Os gerentes trabalhando juntos podem definir muito bem as medidas que dirigiram suas ações.” (Dixon *et alli*, 1990).

### 2.3.2.3 Matriz de Medição de Desempenho de Keegan (1989)

Para Keegan *et alli* (1989), as medidas de desempenho devem ser derivadas da estratégia para cada nível hierárquico e devem reconhecer o fluxo de processos através das funções da empresa. Na Figura 19 tem-se a matriz de desempenho proposta pelos autores e que mostra as dimensões importantes para os autores, a divisão entre ambiente interno e externo e entre medidas de custos e não custos.



**Figura 19. Matriz de medição de desempenho. Fonte: Martins (1999).**

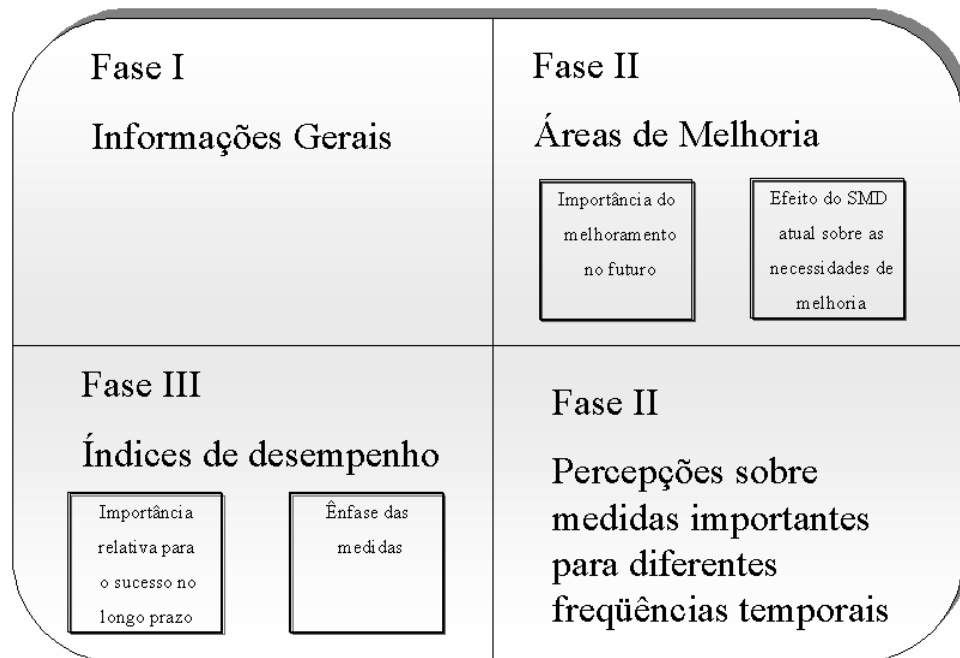
Pode-se notar uma forte ênfase nos custos, pois para os autores as medidas devem ser baseadas no entendimento do comportamento e relacionamento dos custos em todos os níveis. Já os conceitos de medidas adequadas para cada nível hierárquico, medidas do ambiente externo, assim como ambiente interno e diferenciação entre medidas de custos e outras aparecem neste trabalho.

### 2.3.2.4 Performance Measurement Questionnaire – PMQ

O PMQ deve ser considerado uma ferramenta para diagnóstico do sistema de medição de desempenho e não um modelo de referência de sistema de medição de desempenho. O objetivo da ferramenta segundo seus autores é prover um meio para articular as necessidades de melhoria, determinar o grau de suporte do sistema de medição a essa melhoria e estabelecer

uma agenda para melhorar o sistema de medidas de modo tal de suportar as necessidades de melhoria da empresa (DIXON *et alli*, 1990).

O questionário está composto de 24 áreas de melhoria e 39 potenciais medidas de desempenho (as empresas podem não estar usando todas) e quatro fases de aplicação sumarizadas na Figura 20.



**Figura 20. Fases do PMQ. Elaborada pelo autor.**

Depois de preenchida a fase inicial com informações gerais sobre a empresa e as pessoas que responderão o questionário passa-se à segunda fase onde os respondentes declaram qual é ao seu entender a importância de cada área de melhoria para o futuro do negócio e se o sistema de medição de desempenho que a empresa tem apoia ou inibe essas áreas de melhoria.

Já na terceira fase, os respondentes colocam notas sobre o conjunto de 39 indicadores de desempenho dizendo sobre a importância relativa para o sucesso no longo prazo e a ênfase que a empresa dá a medida atualmente. Por último os respondentes são solicitados a preencher a quarta fase onde é perguntado sobre quais as medidas mais importantes para diferentes períodos de tempo, diário, semanal, mensal, semestral e anual.

Depois de concluídas as quatro etapas de aplicação da ferramenta podem ser realizados quatro tipos de análises:

- **Análise de alinhamento – “Alignment analysis”:** procura-se descrever até que ponto estratégia, ações e medidas estão alinhadas.
- **Análise de congruência – “Congruence analysis”:** analisa-se quão bem um sistema de medição de desempenho suporta as ações de melhoria da empresa.
- **Análise de consenso – “Consensus analysis”:** contrasta-se as percepções entre diferentes níveis gerenciais e entre diferentes áreas funcionais.
- **Análise de confusão –**

“*Confusion analysis*”: determina-se a extensão do consenso em cada item da área de melhoramento ou índice de performance.

O questionário deve ser aplicado com quantidades representativas de cada nível hierárquico e das diferentes funções da empresa.

Porém, não foram os anos da década de 1980 os que trouxeram as maiores contribuições em criação de modelos de referência de sistemas de medição de desempenho, esta década foi de consolidação de idéias que se traduziriam em modelos na década seguinte, a década de 1990.

### 2.3.3 A década de 1990 e a criação dos principais modelos de referência de sistemas de medição de desempenho

A revisão da década de 1990 inicia com o estudo encabeçado por Norton intitulado “Medindo Desempenho na Organização do Futuro” e que tinha como participantes representantes de dezenas de empresas e Robert Kaplan como consultor acadêmico (KAPLAN E NORTON, 1997). Como resultado desse estudo foi originado o mais difundido modelo de referência na disciplina, o *Balanced Scorecard*<sup>10</sup>.

#### 2.3.3.1 **Balanced Scorecard (BSC)**

O nome *Balanced Scorecard* representa o equilíbrio entre objetivos de curto e longo prazo, entre medidas de tendência e de resultado, medidas financeiras e não-financeiras e entre perspectiva externa e interna de desempenho.

A ferramenta força à alta gerência a focar no pequeno conjunto de medidas que são críticas para o negócio (Kaplan e Norton, 1992). A proposta dos autores é que as empresas raramente sofrem por falta de medidas de desempenho, elas sofrem por falta de foco nas medidas estratégicas.

O *Balanced Scorecard* foi originalmente uma proposta para obtenção de medidas de desempenho que guiassem a gestão de desempenho das empresas, ao menos isso foi o expresso em Kaplan e Norton (1992). No entanto no livro de 1997, “A estratégia em ação”, os autores demonstram como a ferramenta pode ser utilizada para mobilizar as empresas no rumo de seus objetivos estratégicos e nos “Padrões funcionais sobre Balanced Scorecard – Versão 1.0” (2000) a definição atual do *Balanced Scorecard* aparece como “... um método multifuncional criado por Kaplan e Norton que usa medidas para descrever a estratégia de uma organização”. Isto mostra como o modelo concebido para medir desempenho acabou virando um método de descrição da estratégia do negócio.

O modelo de referência ampliado (na primeira versão do ano 1992 não tinha os campos Metas e Iniciativas) se apresenta na Figura 21.

---

<sup>10</sup> Optou-se por manter o nome original em inglês porque o modelo se popularizou desta forma.



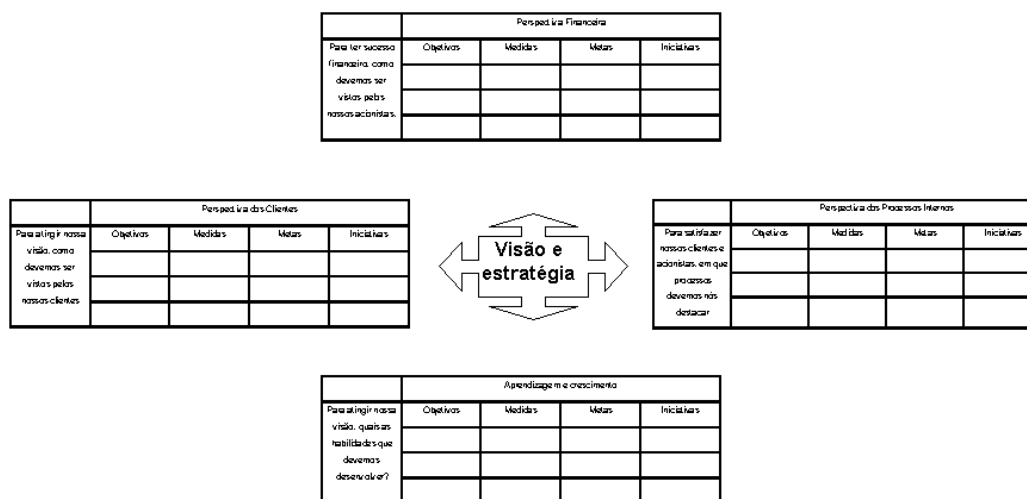
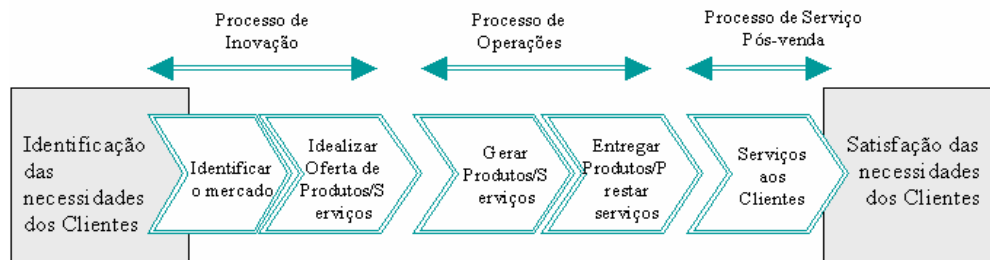


Figura 21. O modelo de referência Balanced Scorecard. Fonte: Kaplan e Norton (1997).

No modelo aparecem as quatro perspectivas do *scorecard* que equilibram os objetivos de curto e longo prazo, os resultados desejados e os vetores de desempenho desses resultados e as medidas objetivas e subjetivas, fazendo com que o conjunto de medidas aponte para a execução de uma estratégia integrada (KAPLAN E NORTON,1997).

- Perspectiva financeira:** “Os objetivos financeiros servem de foco para os objetivos e medidas das outras perspectivas do *scorecard*” (KAPLAN E NORTON,1997). Para os autores todas as medidas estratégicas selecionadas devem formar parte de uma cadeia de causa e efeito que conduza à melhoria do desempenho financeiro. Os objetivos financeiros dependem muito da fase do ciclo de vida da unidade de negócio, seja esta de crescimento, sustentação, colheita ou saída do negócio. Assim uma empresa que está na fase de crescimento priorizará os percentuais de crescimento de sua receita e aumento de vendas, na fase de sustentação será prioridade a lucratividade, na fase de colheita será o aumento do fluxo de caixa e a diminuição do capital de giro. Os objetivos financeiros representam a meta de longo prazo da empresa e as demais perspectivas são condicionadas por eles.
- Perspectiva dos clientes:** é nesta perspectiva que as empresas devem reconhecer os segmentos de mercado nos quais desejam competir. As medidas essenciais desta perspectiva são participação de mercado, retenção, captação, satisfação e lucratividade dos clientes. Os clientes são a fonte para cumprir com os objetivos financeiros da empresa. Ainda deve-se identificar que clientes de diferentes segmentos valorizam diferentemente entre os seguintes três tipos de atributos: características de produtos e serviços, relacionamento com o cliente, e imagem e reputação.
- Perspectiva dos processos internos:** nesta perspectiva os executivos identificam os processo mais críticos para cumprir com os requisitos dos clientes e acionistas, sendo importante que as medidas e objetivos sejam definidos após as duas anteriores

perspectivas terem sido definidas. Isto permite focar nos processos e ações que efetivamente acrescentam valor para clientes e acionistas. A proposta *BSC* é definir uma cadeia de valor completa dos processos internos, incluindo: processo de inovação, processo de operação e serviços pós-venda.



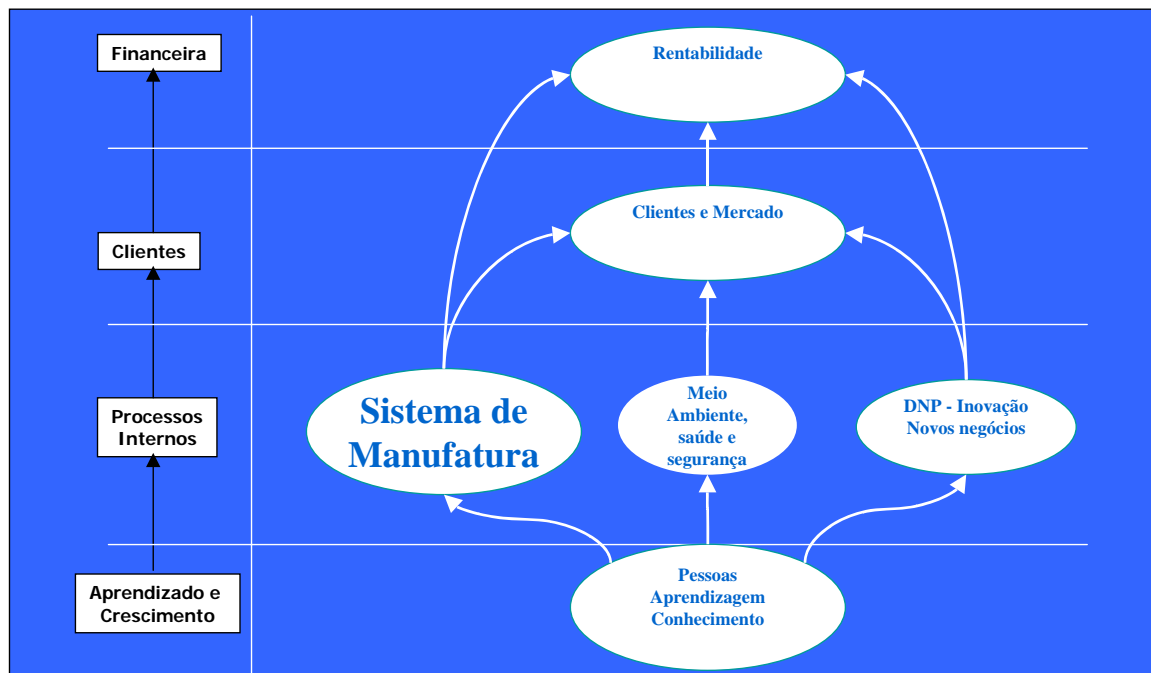
**Figura 22. O modelo da cadeia de valores genérica. Fonte: Kaplan & Norton (1997:102)**

O processo de manufatura é chamado de processo de operações pelos autores e deve ter medidas de *tempos de ciclo* como eficácia do ciclo de produção, de *qualidade* como taxas de defeito, devoluções e desperdício, e *custo do processo* como custo dos produtos, custo dos processos e custo da entrega.

- **Perspectiva do aprendizado e crescimento:** a última perspectiva desenvolve objetivos e medidas para orientar o aprendizado e crescimento da empresa. Os objetivos estabelecidos nas outras três perspectivas indicam onde a empresa deve aprender mais para se destacar perante a concorrência. A experiência dos autores revelou três categorias essenciais para esta perspectiva: *i.* capacidade dos funcionários, *ii.* capacidade dos sistemas de informação e *iii.* motivação, alinhamento e *empowerment*.

Por ser o modelo mais popular tanto na indústria quanto na academia, o *BSC* tem recebido críticas, dentre elas o fato de fomentar apenas causalidade unidirecional, não considerar o tempo de espera entre as ações e seus resultados, e não possuir um mecanismo claro de integração entre a estratégia e a realização das atividades operacionais das empresas.

Contudo, a contribuição mais importante destes autores foi a o relacionamento de causa e efeito existente entre as medidas e estratificadas nas perspectivas, seguindo a proposta pioneira do *hoshin kanri*. A Figura 23 mostra esse relacionamento entre perspectivas.



**Figura 23. Relacionamento formal entre perspectivas. Elaborada pelo autor.**

As medidas se estratégicas devem pertencer a uma rede formal de relacionamento que inicia com a perspectiva financeira e através de causa-efeito se desdobram até chegar a perspectiva da aprendizagem e crescimento. Se as medidas não pertencem a esta rede então são medidas de diagnóstico, aquelas medidas que servem para monitorar o dia-a-dia da empresa captando qualquer anormalidade que prejudique o andamento da operação.

O modelo aparentemente esquece a participação de outros atores além de acionistas e clientes, mas por outro lado mantém firme sua idéia de foco citando esses dois *stakeholders* que são os dois atores mais importantes do negócio.

### **2.3.3.2 A Abordagem de Harrington (1993)**

Harrington (1993), junto a Sink e Tuttle (1993), Rumler e Brache (1994) e Brown (1996) são os autores que desenvolveram modelos de referência baseados no nível de processos de negócio, isto os torna importantes porque esse é o nível onde se encontra o sistema de manufatura, foco deste trabalho.

Harrington (1993) estabeleceu três tipos de medidas para processos:

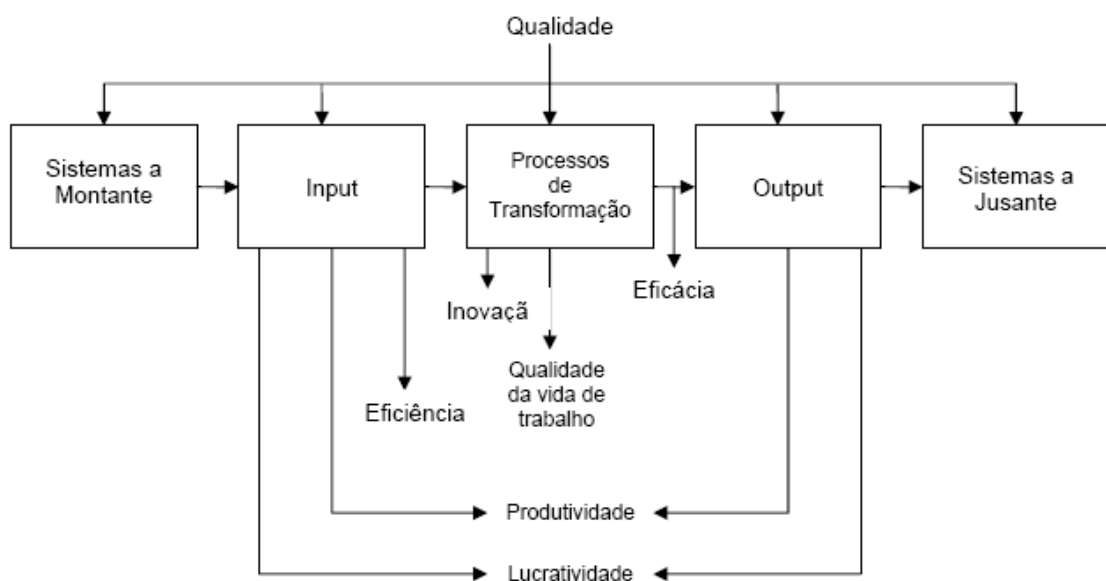
- **Medidas de Eficácia:** como as saídas de processo satisfazem as necessidades dos clientes; necessidades essas, diretamente relacionadas com as dimensões do produto ou serviço que agregam valor (aparência, pontualidade, exatidão, confiabilidade, custo, utilidade, receptividade, adaptabilidade);
- **Medidas de Eficiência:** como a utilização de recursos é minimizada, incluindo a eliminação de desperdício. Assim, a produtividade é uma medida de eficiência;

- **Medidas de Adaptabilidade:** como a capacidade do processo para atender as expectativas, presentes e futuras, dos clientes. É a mais difícil de ser medida.

### 2.3.3.3 Modelo de Sink & Tuttle (1993)

Para Sink & Tuttle (1993), a medição é o processo pelo qual se decide o que medir, se faz a coleta, o processamento e a avaliação dos dados, a fim de dominar os fatos e resultados de uma organização.

O modelo proposto pelos autores diz que o desempenho de um sistema organizacional é composto pelo relacionamento de vários parâmetros ou critérios de desempenho: eficácia, eficiência, qualidade, produtividade, qualidade de vida no trabalho, inovação e lucratividade (Figura 24).



**Figura 24. Modelo de referência de Sink e Tuttle. Fonte: Nãuri (1998)**

### 2.3.3.4 Modelo de Rumler e Brache (1994)

Dentro do âmbito da Gestão por Processos, Rummler e Brache (1994) propõem um sistema de medição de desempenho cuja ênfase maior é a integração vertical do sistema de medição de desempenho. A eficácia da organização advém quando os níveis da organização, dos processos e do trabalho/executor estão voltados para a mesma direção. O sistema de medição de desempenho é o elemento que faz essa integração e direcionamento (Martins, 1999).

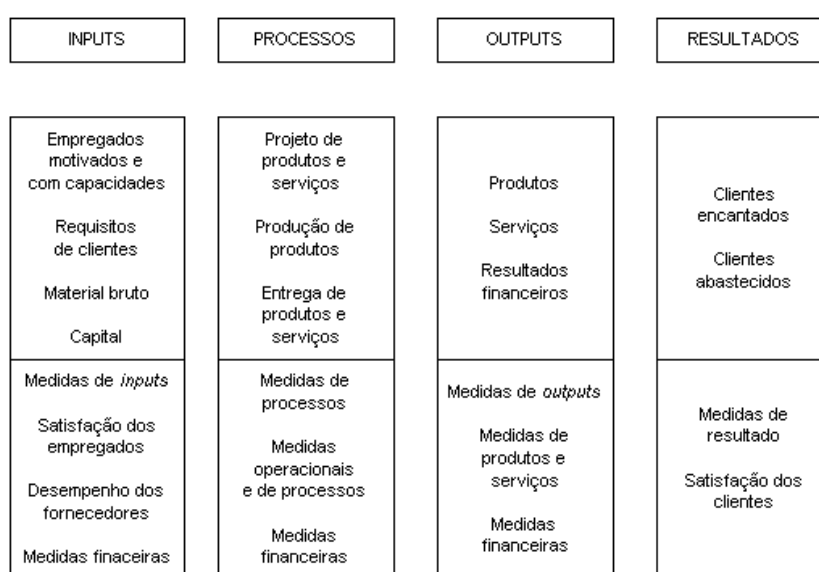
Resumindo a abordagem de Rummler & Brache (1994), a definição de medição de desempenho é a quantificação de quão bem um negócio (atividades e processos) atinge uma meta específica (Nãuri, 1998).

A gestão do desempenho exige o estabelecimento, a estruturação e o gerenciamento de três níveis de desempenho: Organização; Processos e Trabalho executor. Sendo que há três necessidades de desempenho que determinam a eficiência em cada um desses níveis: Objetivos; Projeto e Gerenciamento.

Algumas especificações críticas das medidas de desempenho, apontadas por Rummler & Brache (1994), são: confiabilidade dos dados, a disposição de uma base documentável e a compreensão por parte de todos. Os autores trabalham basicamente com uma forte visão interna da organização, perdendo de vista a importância da eficácia no atendimento aos *stakeholders* dos processos e do negócio.

### 2.3.3.5 Modelo de Brown (1996)

Brown (1996) desenvolveu um modelo claramente destinado a tratar com o desempenho de processos, ao igual que Sink & Tuttle (1993), Harrington (1993) e Rumler & Brache (1994). O autor diz que os processos devem ser medidos em termos de *inputs*, processos, *outputs* e resultados, conforme Figura 25.



**Figura 25. Modelo de Brown para medição de desempenho.**

Medidas de *inputs* tratam sobre qualidade e quantidade de *inputs*, medidas de processo focam em tempos de ciclo e parâmetros de processo, medidas de *outputs* monitoram qualidade e confiabilidade dos *outputs* e resultados medem o impacto dos *outputs* sobre o meio.

### 2.3.3.6 Modelo Quantum (1994)

Para Hronec (1994), autor do modelo Quantum: “Medidas de desempenho são sinais vitais da organização. Elas informam às pessoas o que estão fazendo, como estão se saindo e se elas estão agindo como parte do todo”. O desempenho *quantum*, “é o nível de realização que otimiza o valor e o serviço da organização para seus interessados: clientes, empregados, acionistas, ambientalistas, etc”.

O autor criou a Matriz de desempenho Quantum (Figura 26) onde considera o negócio dividido em três níveis: organização, processo e recursos humanos. As dimensões do desempenho para

o autor são três: custo, qualidade e tempo. Os processos têm seu lugar claramente definido e têm também diferentes tipos de áreas de mensuração dependendo das dimensões do desempenho.

NÍVEIS/MEDIDAS	CUSTO	QUALIDADE	TEMPO
Organização	Financeiro Operacional Estratégico	Empatia Produtividade Confiabilidade Credibilidade Competência	Velocidade Flexibilidade Responsabilidade Maleabilidade
Processo	Inputs Atividades	Conformidade Produtividade	Velocidade Flexibilidade
Pessoas	Remuneração Desenvolvimento Motivação	Confiabilidade Credibilidade Competência	Responsabilidade Maleabilidade

Figura 26. Matriz de desempenho Quantum. Fonte: Hronec (1994).

### 2.3.3.7 Sistema de Medição de Desempenho Integrado – Bititci *et alli* (1997)

O Sistema de Medição de Desempenho Integrado foi proposto por Bititci *et alli* (1997) e exerce um papel fundamental na gestão do desempenho proposta pelos autores. Na Figura 27 é apresentado o modelo de referência onde fica explícito como o laço de informação desdobramento-retroalimentação é fechado integrando os esforços das empresas.

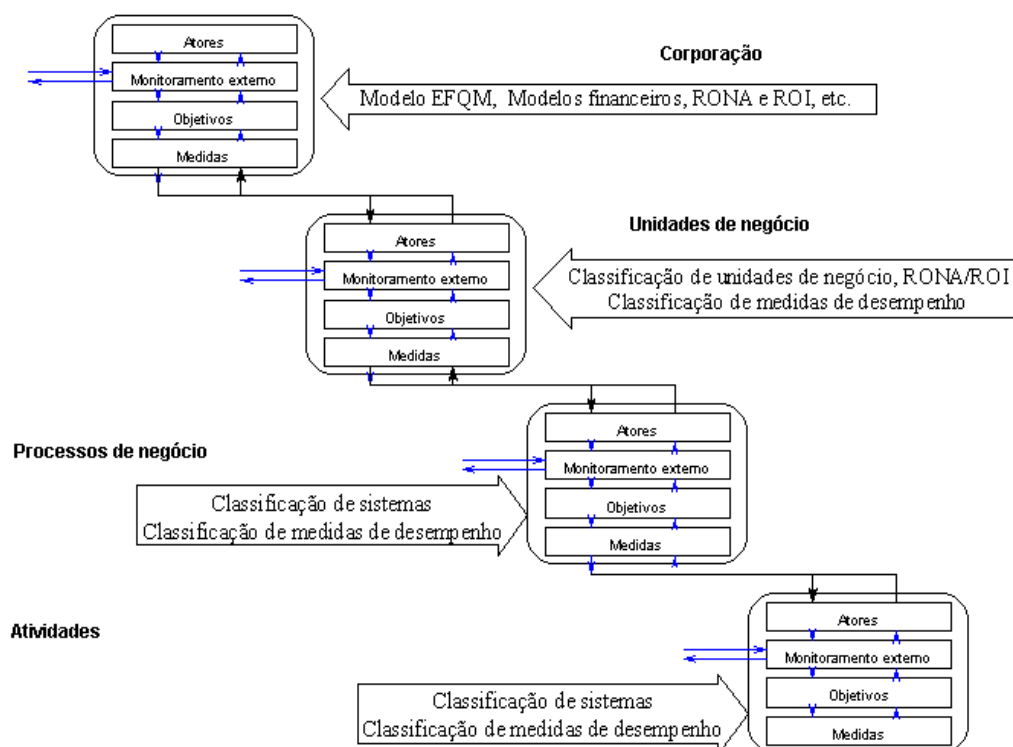


Figura 27. Modelo de referência de Bititci. Adaptado Bititci (2002).

O modelo de referência está dividido em quatro níveis hierárquicos com ferramentas associadas a cada nível e recursividade enquanto à forma de encontrar as medidas de desempenho de cada nível. O modelo tem os seguintes princípios inspirados nos Sistemas Viáveis de Standford Beer (Bititci, IPMS-RMv.2.4 2002a):

1. Presença de um elemento de gestão e um elemento operacional para todos os níveis do modelo - Assim a **unidade de negócio** é o elemento operacional da corporação, a **unidade de processos** é o elemento operacional da **unidade de negócio** e as **atividades** são o elemento operacional das Unidades de Processos.
2. Desdobramento e criticidade de objetivos – os níveis inferiores incorporam como *stakeholders* aos atores dos níveis superiores através dos objetivos chaves repassados para o nível. Por exemplo, os interesses dos acionistas são repassados à Unidade de Negócio por meio dos objetivos da corporação que trataram esses interesses.
3. Translação – todos os objetivos devem ser transmitidos em linguagem adequada para o nível operacional e sem ambigüidades.
4. Negociação – entre os diferentes níveis na hora de estabelecer os objetivos.
5. Planejamento normativo – que diz sobre as metas alcançáveis sob as restrições existentes e as metas potenciais sem restrições.
6. Monitoramento ativo – ênfase em medidas ativas em contraposição a medidas reativas.
7. Classificação de **unidades de negócio**, **unidades de processos**, **atividades** e medidas de desempenho – as **unidades de negócio**, **unidades de processos** e **atividades** podem ser classificadas pela complexidade e incertezas de seu ambiente e isto ajuda na seleção de medidas que devem ser adotadas para gerenciar o seu desempenho.
8. Já as medidas podem ser classificadas como: i. Medidas Internas (medem a eficiência e eficácia interna à organização, e a coordenação da Unidade de Negócio, Unidades de Processos ou Atividades); ii. Medidas Externas (medem a eficiência e eficácia da **unidades de negócio**, **unidades de processos** e/ou **atividades** em cumprir com os requisitos dos *stakeholders*) e iii. Medidas de Habilidades e Aprendizagem (medem a habilidade da **unidades de negócio**, **unidades de processos** e/ou **atividades** em tratar com a incerteza do ambiente).
9. Dinamismo – o processo de atualização e adaptação das prioridades de desempenho e de suas medidas deve ser encarado por cada nível responsável.

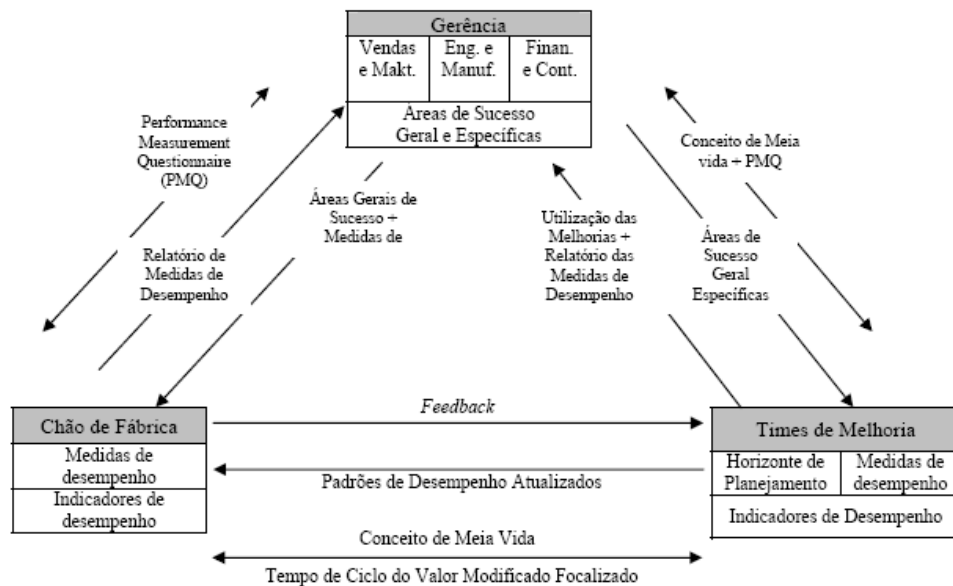
Então o alinhamento vertical está claramente explicitado no modelo de referência e o alinhamento horizontal está tratado especificamente nos anexos de classificação de Unidade de Negócio, Unidades de Processos e Atividades. Os autores aí definem em que ambientes é mais ou menos importante estabelecer Medidas Internas para mensurar os aspectos de coordenação entre unidades do mesmo tipo.

Os processos são divididos em processos principais e de apoio seguindo as definições CIM-OSA e APQC já apresentadas.

Os autores não propõem especificamente medidas, mas o modelo de referência contém todos os elementos necessários para desenvolver medidas em empresas.

### 2.3.3.8 Sistema de Medição de Desempenho Integrado e Dinâmico – IDPMS (1997)

O Sistema de Medição de Desempenho Integrado e Dinâmico foi proposto por Ghalayini *et alli* (1997) e o seu objetivo era gerar um mecanismo de adaptação do sistema que fizesse ele dinâmico (Figura 28).



**Figura 28. SMD integrado e dinâmico. Fonte: Ghalayini *et alli* (1997).**

Segundo os autores isto se consegue integrando três áreas funcionais primárias: gerências, times de melhoria e chão de fábrica. As ferramentas que suportam esta integração são três: o PMQ, o conceito de meia-vida e o diagrama modificado de tempo de ciclo focado no valor.

As gerências são as encarregadas de repassar para o chão de fábrica e os times de melhoria as áreas gerais e específicas de sucesso, ao chão de fábrica chegam os padrões de desempenho atualizados provenientes dos times de melhoria e as medidas de desempenho das gerências. O chão de fábrica relata e dá a retroalimentação para as outras duas áreas.

O caráter dinâmico do IDPMS é proveniente dos padrões de desempenho atualizados que os times de melhoria repassam para o chão de fábrica. Esses padrões são estabelecidos após a execução de projetos de melhoria que apresentaram bons resultados e precisam ser incorporados na rotina de trabalho. Outra contribuição advém, também, da atualização das áreas críticas de sucesso e suas respectivas medidas de desempenho por parte da gerência. (Ghalayini *et alli*, 1997). Em concreto, o IDPMS foi criado com foco na adaptação de suas áreas de sucesso por parte da gerência e seus padrões de desempenho por parte dos times de melhoria,



O modelo não faz menção da necessidade de integração horizontal entre processos e apresenta poucos e básicos tipos de medidas. Por outra parte mostra ênfase em relacionar ferramentas existentes em um único modelo, dizendo como elas podem atuar para melhoria do desempenho da organização e no caráter dinâmico dos sistemas de medição de desempenho.

### 2.3.3.9 O modelo do prisma de Neely (1998)

Para Chris Adams o modelo pertence a uma segunda geração de modelos de medição de desempenho (Neely, 2002), os modelos que consideram todos os *stakeholders* do negócio. A Figura 29 mostra o prisma de desempenho com suas cinco fases que representam as cinco questões chaves para Neely (1999):

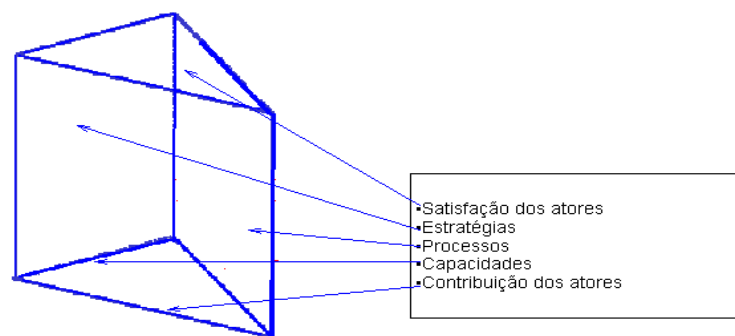


Figura 29. O modelo do Prisma de Neely. Fonte: Neely (1999)

As faces do prisma representam:

**Satisfação dos stakeholders:** quais são os *stakeholders* chave e que eles querem e necessitam?

**Estratégias:** que estratégias têm que serem colocadas em funcionamento para satisfazer aos *stakeholders*?

**Processos:** quais os processos críticos necessários para executar as estratégias?

**Capacidades:** quais as capacidades (habilidades, conhecimentos, melhores práticas, tecnologias e infraestrutura) necessárias para operar e melhorar esses processos?

**Contribuição dos stakeholders:** quais as contribuições necessárias de nossos *stakeholders* se queremos manter e desenvolver essas capacidades?

Para os autores as empresas aspiram ser bem sucedidas em longo prazo e para isso desenvolvem um quadro claro dos requisitos dos *stakeholders*. Assim definem sua estratégia para se assegurar de que estão gerando valor para esses *stakeholders* e definem os processos principais para alcançar essa estratégia. Esses processos necessitam ser sustentados pelas capacidades humanas e tecnológicas. E para isso é preciso definir quais as contribuições que os *stakeholders* podem trazer à organização.

Inicialmente estão os *stakeholders* e depois a estratégia, isto diferencia a proposta da maioria dos outros trabalhos, pois em geral todos começam pela estratégia. “Uma das grandes falácias

da medição de desempenho é que medidas devem ser desdobradas da estratégia. Medidas de desempenho são projetadas para ajudar às pessoas a saber se estão-se movimentando na direção que eles querem. Elas ajudam gerentes a estabelecer se estão indo ao destino que eles queriam alcançar. Estratégia, no entanto, não fala sobre destinos. Ao invés disso, fala sobre os caminhos escolhidos para alcançar esse destino – *como* alcançar esse destino desejado.” (NEELY, 1999). Esta definição de Neely de estratégia é bastante particular, pois faz ênfase apenas nos caminhos para alcançar objetivos e metas, e não nos objetivos e metas. Na revisão sobre estratégia foi mostrado como os principais autores falam da estratégia com os dois componentes, objetivos e formas de alcançá-los. Igualmente, tem muito mérito o reconhecimento dos *stakeholders* em primeiro lugar, colocando à estratégia num segundo lugar.

A mais importante contribuição do modelo do prisma é a face inferior que fala em necessidade de reconhecer as possíveis contribuições dos *stakeholders* para a manutenção e melhoria das capacidades da empresa. É o único modelo que coloca isso em forma explícita.

Já os processos do modelo do prisma são oito:

- Desenvolver produtos e serviços;
- Gerar demanda;
- Cumprir com a demanda (neste trabalho sistema de manufatura);
- Planejamento e gestão da empresa - Operações financeiras;
- Planejamento e gestão da empresa - Recursos humanos;
- Planejamento e gestão da empresa - Operação da manufatura;
- Planejamento e gestão da empresa - Plano da empresa;
- Planejamento e gestão da empresa – *Stakeholders*.

O processo que será foco deste trabalho é o terceiro processo do modelo de Neely. Dito autor parece ter seguido o modelo de processos CIM-OSA para os três primeiros processos e depois abriu os processos de apoio à operação do CIM-OSA em cinco processos de planejamento e gestão da empresa.

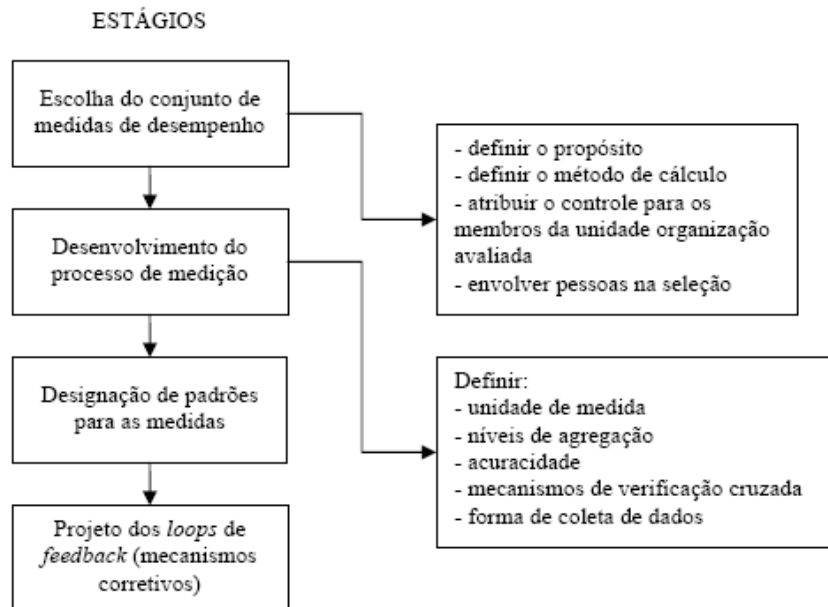
Apresentados os principais trabalhos sobre modelos de referência de medidas de desempenho explorar-se-á sobre os métodos de implementação de sistemas de medição de desempenho na próxima seção. Optou-se por separar os modelos dos métodos de desenvolvimento por considerar que podem ser tratadas independentemente e prover maior clareza ao texto.

## **2.4 Os métodos de desenvolvimento de sistemas de medição de desempenho –SMD- em empresas**

Não foram tantos os esforços gastos na geração de procedimentos de desenvolvimento e implementação de novos sistemas de medição de desempenho apesar de que isto acaba sendo o mais importante para as empresas.

A seguir são citadas as principais contribuições sobre o processo de desenvolvimento de medidas de desempenho, começando pela década de 1980. Assim uma das primeiras contribuições segundo Martins (1999) veio de Globerson (1985).

#### 2.4.1.1 Proposta de Globerson (1985)



**Figura 30. Estágios para implementação de Medidas de Desempenho. Fonte: Martins (1999).**

Na Figura 30 aparecem os quatro estágios e as tarefas necessárias para desenvolver as medidas nos dois primeiros estágios.

#### 2.4.1.2 Método de Keegan *et alli* (1989)

Os autores propõem três grandes ações:

1. Eliminação de medidas de desempenho que não sejam relevantes em termos estratégicos;
2. Utilização do processo orçamentário para divulgar e obter *feedback*;
3. Determinação e decomposição das medidas de desempenho através da abordagem da métrica chave (*Key Metric Approach – KMA*).

É uma visão claramente orçamentária, prévia à visão balanceada que começou com a pirâmide de desempenho e se consolidou com o *Balanced Scorecard*.

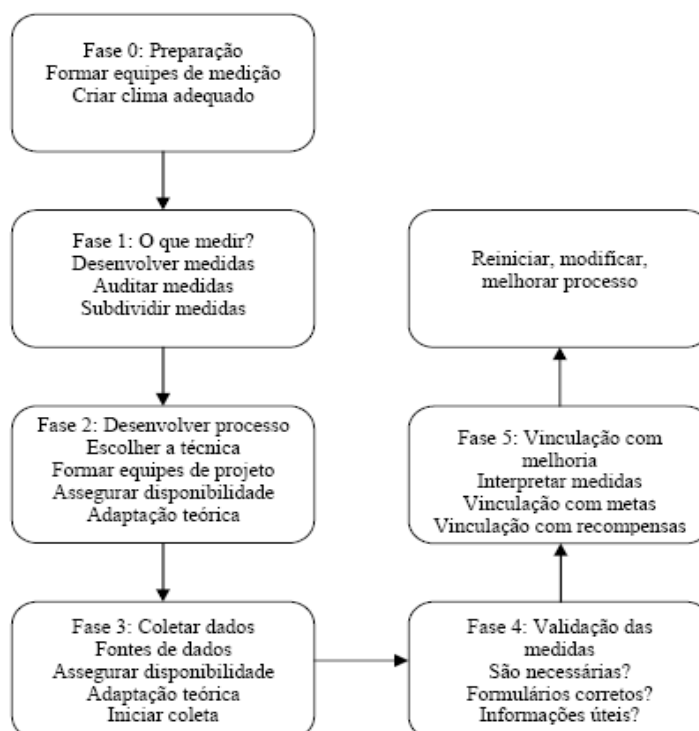
#### 2.4.1.3 Método de Harrington (1993)

Para o autor os passos para se estabelecer medidas de desempenho são:

1. Entender as dimensões do processo, avaliando o nível de desempenho atual desse processo, e identificar os problemas e as oportunidades de melhoria;
2. Estabelecer especificações de eficiência, eficácia e adaptabilidade do processo;
3. Definir sistemas de medição e de retroalimentação do processo. As medidas de desempenho permitem a monitorização e o controle contínuo de todos os processos, assim, a existência de sistemas de retroalimentação possibilita que o funcionário reforce seu desejo de continuar fazendo um bom trabalho ou corrija e melhore a sua forma de trabalhar. Em consequência, a retroalimentação oferece a oportunidade de retornar à fase de entendimento do processo, fornecendo informações que avaliam melhor o nível de desempenho e compreensão dos processos, fazendo com que ocorra um aperfeiçoamento contínuo;
4. Estabelecer metas organizacionais e de desafio para as medidas.

#### 2.4.1.4 Método de Sink e Tuttle (1993)

Os autores propõem um método composto pelas quatro grandes etapas de definição, operacionalização, validação e avaliação. Na Figura 31 aparecem representadas as fases correspondentes a cada etapa com suas atividades.



**Figura 31. Método de implementação de medidas de desempenho de Sink e Tuttle. Fonte: Martins (1999: 102)**

#### 2.4.1.5 Método de Rumler e Brache (1994)

Os autores recomendam que as medidas sejam desenvolvidas na seguinte seqüência:

1. Identificar *outputs* mais significativos da organização;
2. Identificar as dimensões críticas do desempenho (originadas das necessidades dos clientes, externos e internos, e financeiras do negócio) para os *outputs*: qualidade, produtividade e custo;
3. Desenvolver medidas para cada dimensão crítica;
4. Desenvolver metas/padrões para cada medida.

#### 2.4.1.6 Método de Meyer (1994)

Tendo como proposta o desenvolvimento e implementação de um sistema de medição de desempenho para ajudar o trabalho de equipes, Meyer (1994) estabelece o seguinte processo para a equipe de desenvolvimento (MARTINS,1999):

1. Definir os fatores críticos de sucesso;
2. Mapear os processos;
3. Selecionar as tarefas críticas e os fatores críticos a serem acompanhados;
4. Propor medidas de desempenho para as tarefas críticas e para os fatores críticos;
5. Definir as medidas de desempenho;
6. Testar as medidas de desempenho;
7. Submeter à revisão da gerência;
8. Projetar o formato de relatório das medidas de desempenho.

#### 2.4.1.7 Método de implementação Quantum (1994)

Junto ao modelo de referência Quantum, Hronec (1994) desenvolveu um método para implantação de medidas cujo esquema é mostrado na Figura 32:

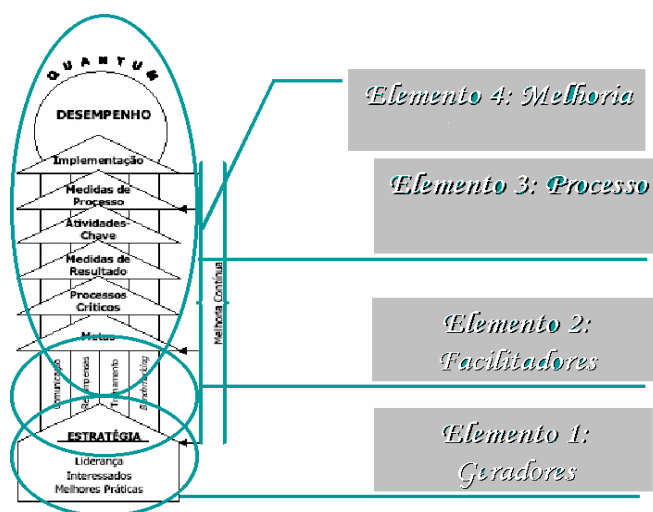


Figura 32. Método de implementação Quantum. Fonte: Hronec (1994).

O método se divide em quatro grandes elementos:

1. **Os geradores:** leva em conta a liderança da empresa, os interessados e as melhores práticas do ambiente;
2. **Os facilitadores:** dão apoio à implementação das medidas de desempenho por meio da comunicação. Utilizam-se, para tanto, técnicas de treinamento, recompensas e "*benchmarking*";
3. **O processo em si:** consiste em identificar e entender os processos críticos da empresa e, após, estabelecer as medidas de desempenho do *output*, controlar e monitorar as atividades-chave, definindo as medidas de processo e sua implementação;
4. **A melhoria contínua:** o modelo *quantum* proporciona retroalimentação para melhoria contínua, para o estabelecimento de novas metas e para o ajuste da estratégia.

#### 2.4.1.8 Método de Kaplan e Norton (1997)

Kaplan e Norton, em seu livro "A estratégia em ação" (1997), dedicaram um capítulo inteiro à criação de um *balanced scorecard* onde declaram que o objetivo é traduzir a missão e a estratégia da unidade de negócio em objetivos e medidas operacionais.

Para isso é necessário um arquiteto capaz de estruturar o processo e coletar os dados relevantes para a criação do BSC e o apoio e participação ativa da alta gerência. Sem essa participação o projeto do BSC não deve ser iniciado.

O segundo passo é definir os objetivos da implantação das medidas. Os objetivos servirão para:

- Orientar o estabelecimento de objetivos e medidas para o BSC;
- Obter o consenso entre os participantes do projeto;
- Esclarecer a estrutura para os processos de gestão e de implementação que decorrem da construção do primeiro BSC.

Na Figura 33 mostram-se as atividades e prazos para o desenvolvimento de um BSC segundo os autores. É importante notar que a efetiva implementação vem depois dessas 16 semanas com uma recomendação de que no máximo em sessenta dias o BSC esteja sendo utilizado pelas gerências.

Semana	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
<b>Atividades</b>																
<b>I. Arquitetura do Programa</b>																
1. Escolha da unidade de negócio																
2. Identificação das relações entre unidade e corporação																
<b>II. Definição de objetivos estratégicos</b>																
3. Primeira etapa de entrevistas																
4. Sessão de síntese																
5. Workshop executivo: Primeira etapa																
<b>III. Escolha dos indicadores estratégicos</b>																
6. Reunião dos subgrupos																
7. Workshop executivo: Segunda etapa																
<b>IV. Elaboração do plano de implementação</b>																
8. Desenvolvimento do plano de implementação																
9. Workshop executivo: Terceira etapa																
10. Finalização do plano de implementação																

**Figura 33. Cronograma de atividades para desenvolver um BSC. Fonte: Kaplan e Norton (1997).**

O envolvimento do arquiteto é grande nas primeiras seis semanas, passando a realizar atividades de apoio no tempo restante. Para os autores, quanto mais envolvimento dos subgrupos a partir da sexta semana maiores possibilidades de obter sucesso na implementação do BSC.

#### 2.4.1.9 Proposta de Kaydos (1999)

Kaydos no seu livro de 1999 desenvolve um método de oito passos:

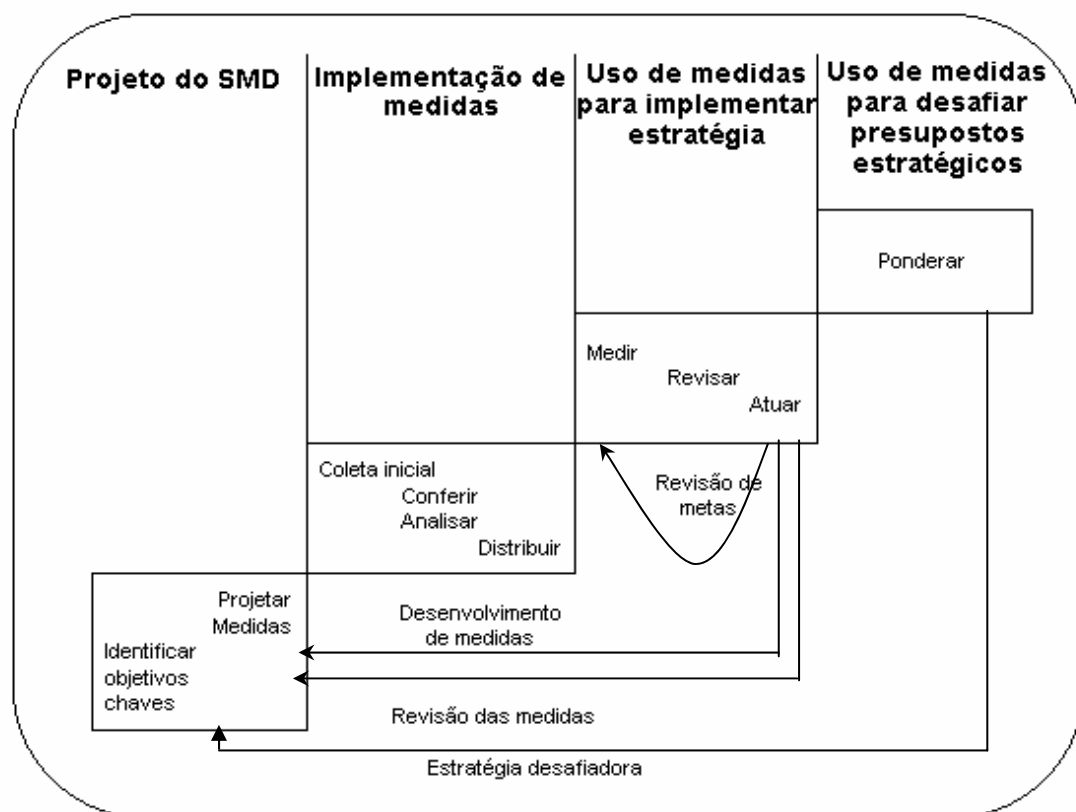
1. Determine aonde implementar inicialmente;
2. Garanta suporte organizacional para o processo de desenvolvimento;
3. Determine o que medir;
4. Projete o sistema de coleta de dados;
5. Desenvolva o sistema de processamento de dados;
6. Desenvolva o sistema de medição de desempenho;
7. Valide o sistema; e
8. Refine o sistema.

E complementa com algumas considerações como fazer com que a entrada e registros de dados seja simples, coletar só o nível de informação necessária para tomar decisões, descentralizar o sistema de medição, foco na não-conformidade, combinação de medidas para criar indicadores compostos e cuidado da segurança e confidencialidade da informação.

#### 2.4.1.10 O método de Bourne, Mills & Neely (2000)

Os autores propõem um método para o desenvolvimento de medidas de desempenho que pode ser dividido em três fases principais (Ver Figura 34):

1. Projeto das medidas de desempenho;
2. Implementação das medidas de desempenho;
3. Uso das medidas de desempenho.



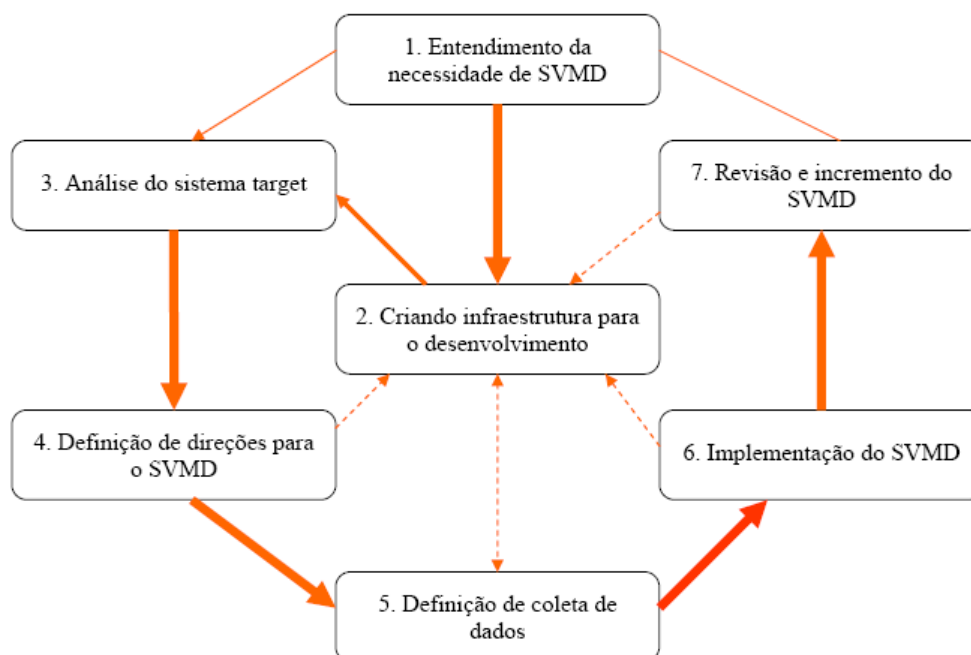
**Figura 34. Fases no desenvolvimento de SMD. Fonte: Bourne *et alli* (2000: 757)**

Note-se a importância dada pelos autores à retroalimentação originada pelo uso das medidas na fase de projeto das mesmas.

#### 2.4.1.11 O método Transmeth e o desenvolvimento de medidas de desempenho (2000)

O método desenvolvido por Rentes (2000) como parte de seu trabalho de doutorado visa ser uma ferramenta para gestão da mudança, no entanto as medidas de desempenho cumprem um papel importante dentro da sua proposta. A Figura 35 mostra o processo de desenvolvimento de medidas de desempenho resultante de uma especialização do método Transmeth.





**Figura 35. Transmeth para desenvolver medidas de desempenho. Fonte: Rentres (2000: 189)**

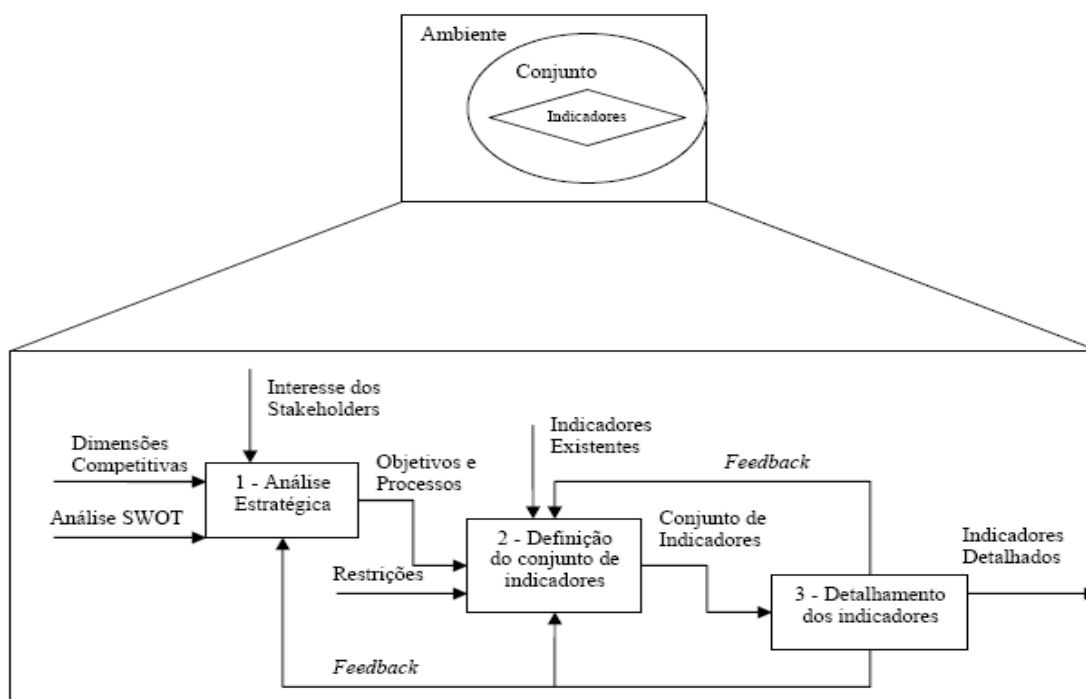
O autor utiliza uma análise *input/output* de processos e a definição de estratégia e objetivos como um primeiro passo para encontrar as medidas de desempenho. Logo devem ser definidas as áreas chaves, onde é utilizado o modelo *Balanced Scorecard* de Kaplan para assistir na definição das ACPs (Áreas Chaves de Performance), considerando as perspectivas financeiras, dos clientes, dos processos internos e de aprendizagem e crescimento. A partir dessas áreas chaves se desdobram as medidas de desempenho e é definido como essas medidas serão apresentadas dentro da organização. Logo é proposta uma revisão das medidas como último passo antes do processo de implementação. Como última etapa, um treinamento de quinze dias envolvendo todos os funcionários da organização onde foram apresentados os significados das medidas, e suas relações com as áreas de desempenho chaves deve ser feito segundo o autor.

#### **2.4.1.12 Procedimento de Kiyan (2001)**

O trabalho de Kiyan (2001) visa criar um procedimento para desenvolver medidas de desempenho que viabilizem a operacionalização da estratégia empresarial através de:

- Promoção de uma visão integrada da empresa através da análise conjunta da organização com seu ambiente, do entendimento dos seus processos de negócio, da convergência de visões;
- Canalização de esforços em processos considerados críticos para alavancar a estratégia da empresa;
- Desenvolvimento de indicadores de desempenho a partir de objetivos estratégicos, os quais refletem uma orientação para o mercado (dimensões competitivas) e o entendimento dos interesses dos *stakeholders* em relação às informações sobre o desempenho;

- Análise conjunta dos indicadores, de modo a identificar possíveis conflitos e falta de alinhamento de objetivos entre as áreas funcionais.



**Figura 36. Macro-estrutura da proposta de desenvolvimento de medidas de desempenho.**  
**Fonte: Kiyan (2001: 62)**

Na Figura 36 tem-se a macro-estrutura proposta por Kiyan (2001). O procedimento está dividido em três etapas claramente definidas:

- análise estratégica, onde são considerados os interesses dos *stakeholders* e são feitas as considerações sobre dimensões competitivas do negócio e são obtidos os objetivos estratégicos e os processos de negócio mais influentes nesses objetivos;
- Definição do conjunto de indicadores, onde são determinados os indicadores mais adequados para se cumprir com os objetivos estratégicos definidos e;
- Detalhamento dos indicadores, onde se colocam as informações correspondentes a cada indicador definido na etapa anterior.

Em resumo, é muito importante definir qual o propósito de uso. Definir o propósito de uso das medidas é o passo inicial para definir o formato da informação, a frequência de medição, os tipos de análise necessários e até as fontes de informação. Esse propósito só poderá ser definido pelos usuários das medidas e nesse sentido é necessário envolvê-los no início mesmo do re-projeto sob pena de não conseguir sucesso na implementação e uso do SMD desenvolvido.

## 2.5 Tendências do novo século em pesquisa sobre medição de desempenho

Depois da década dos modernos sistemas de medição e que foi caracterizada na seção anterior por meio de seus modelos e métodos de desenvolvimento incipientes, o que segue no campo de estudo?

Para Neely (2005) as principais questões a responder nestes tempos são:

1. Como projetar e desdobrar gestão de desempenho em empresas mais do que sistemas de medição?
2. Como medir desempenho de toda a cadeia de suprimentos mais do que dentro da organização?
3. Como medir intangíveis?
4. Como desenvolver sistemas de medição dinâmicos?
5. Como melhorar a flexibilidade dos sistemas de medição para sempre estar em sintonia com mudanças organizacionais?

Algumas das questões como medição de intangíveis e de cadeia de suprimentos são apenas uma ampliação de escopo do campo de estudo. As outras três perguntas já demonstram preocupação por um assunto que não pode ser oculto: empresas fracassam na implementação e uso de seus sistemas de medição de desempenho.

Criar sistemas dinâmicos e flexíveis é apenas uma das questões que merece ser tratada para contribuir ao maior sucesso dos SMD. A outra questão vem dada pelos aspectos comportamentais necessários para que a empresa inicie com pé firme a implantação de SMD. Então outras duas questões deveriam ser agregadas às questões de Neely (2005):

6. Quais os aspectos que favorecem a implantação e uso de SMD? e
7. Como diagnosticá-los e melhorá-los?

De fato, na prática se relatam muitos casos de insucesso na implementação e uso de novos SMD. Talvez o trabalho publicado em jornal indexado mais característico desta situação seja o de Bourne *et alli* (2002), no qual de dez empresas que projetaram as suas medidas de desempenho para sua alta direção apenas três (30%) tiveram sucesso na sua implementação.

A linha de pesquisa que procura entender quais os fatores que determinam o sucesso de uma implantação, apesar da dificuldade inerente ao assunto já que cada projeto é único na sua concepção, está bem representada por trabalhos do grupo do professor Neely e trabalhos de De Wall (2002, 2003 e 2004). Em trabalho recente De Wall (2004) propõe uma ferramenta denominada *"Performance Management Analysis"*<sup>®</sup> que procura diagnosticar como estão dentro da empresa questões estruturais e comportamentais da gestão do desempenho. Assim, está embutida a idéia de que os aspectos culturais (comportamentais) são extremamente relevantes para o sucesso de um SMD. O questionário de diagnóstico foi testado para 135 organizações, das quais 99 são com fins lucrativos dos mais diversos setores de atuação.

A proposta apresentada nesta tese no capítulo 4, como parte do método de desenvolvimento de medidas de desempenho, considera aspectos culturais e estruturais, ao igual que em De Wall (2004), sob o rótulo de práticas facilitadoras para a implementação de SMD. Esta linha de pesquisa recente reforça a idéia que este autor tem sobre a importância de um diagnóstico que leve em consideração estes importantes fatores. Porém, antes se apresenta o modelo de desempenho que guia a proposta de novo SMD para esta tese.

### 3 O MODELO DE DESEMPENHO

*Modelar é representar a realidade com um propósito definido, embora seja o simples fato de tentar explicar essa realidade com palavras.*

#### 3.1 Questões introdutórias sobre desempenho de sistemas de manufatura

O desenvolvimento de modelos está estreitamente ligado ao desenvolvimento das ciências, pois forma parte do entendimento que o homem tem do mundo. De acordo com Ackoff (1968): “um modelo é uma representação da realidade”. Considerando que essa representação sempre é parcial e inteiramente ligada a modelos mentais ativos em um determinado momento para cada indivíduo, pode-se reescrever a definição como: *um modelo é uma representação parcial da realidade*. Esta questão é muito importante, já que nosso conhecimento da realidade se dá invariavelmente através de modelos parciais.

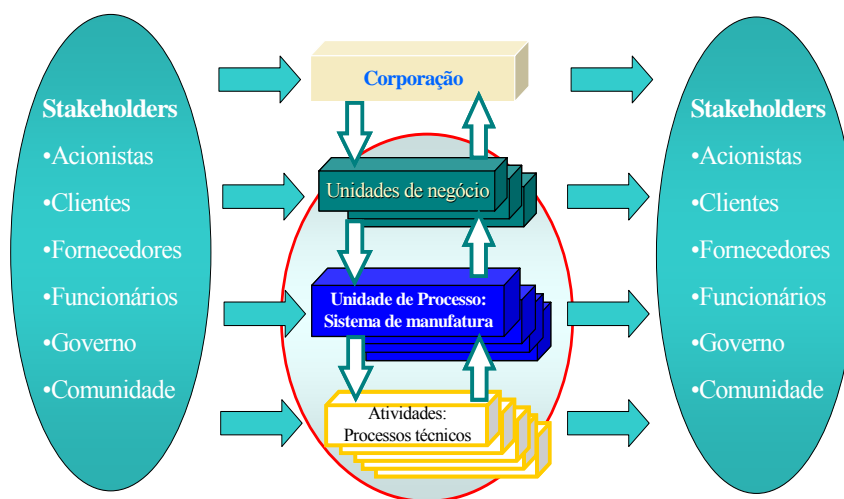
Neste capítulo será detalhado um modelo geral de desempenho para sistemas de manufatura que incorpora de maneira integrada uma caracterização do que neste trabalho é chamado sistema de manufatura e o que é entendido como bom desempenho para sistemas de manufatura. Deixar explícito o modelo utilizado considera-se uma contribuição desta pesquisa em medição de desempenho já que como Einstein disse certa vez: “Nossas teorias determinam o que medimos” (SENGE, 2002). Portanto, o método para diagnóstico e desenvolvimento de sistemas de medição de desempenho apresentado no seguinte capítulo está influenciado por este modelo de desempenho.

Começar-se-á, então, com a contextualização do sistema de manufatura, serão mostradas as principais questões estratégicas e lógicas que determinam o que é importante para o desempenho do sistema de manufatura, para depois passar aos seus principais objetivos, fatores e medidas de desempenho, apresentando também outros elementos que ajudarão a entender a síntese proposta no modelo de referência apresentado na seção final deste capítulo.

##### 3.1.1 Sistemas de manufatura

Uma empresa pode ser vista como um sistema formado por pessoas, equipamentos, materiais e procedimentos organizados hierarquicamente para conseguir objetivos econômicos determinados. A proposta de modelização de organizações de Bititci (1997) apresenta quatro níveis hierárquicos: corporação, unidades de negócio, unidades de processo e atividades. Cada nível tem insumos e produtos diferentes, atingindo diferentes *stakeholders* ou os mesmos, mas de maneiras diferentes. Assim em nível corporativo se trabalha basicamente para os acionistas ou donos (preço de ações, fusões corporativas, oportunidades de negócios). As unidades de negócio lidam com informações sobre os mercados, faturamento e os serviços que podem ser oferecidos aos clientes. Cabe às unidades de processo oferecer em tempo e forma seus bens e serviços aos clientes, relacionar-se com seus fornecedores e executar todas as tarefas

operacionais da empresa. Neste trabalho produto é entendido como um bem - produto físico ou tangível - e também como um serviço, por isso quando colocado no texto sem outra indicação estará representando bens e/ou serviços indiferentemente. Os níveis hierárquicos apresentados na Figura 37 podem ser físicos ou lógicos, já que a organização pode não ter cada nível com suas funções definidas e a estrutura física montada, porém podem ser reconhecidos os quatro níveis de acordo com uma abstração lógica. Dentro desta modelização, uma empresa é uma unidade operacional de uma corporação e pode estar formada por uma ou mais unidades de negócio.



**Figura 37. Hierarquias, sistema de manufatura e *stakeholders*. Adaptado Bititci (2002a).**

O sistema de manufatura está formado pelas informações, materiais, funcionários, equipamentos e fontes de energia necessários para a execução das atividades que transformam seus insumos em produtos, e é uma das unidades de processo funcionais à unidade de negócios da proposta de Bititci (2002a). Já as atividades do sistema de manufatura se encontram agrupadas em processos técnicos com cada processo técnico entendido como um dos passos necessários para produzir cada produto ou família de produtos da empresa. Todos os processos juntos agregam o valor total aos produtos do sistema de manufatura. Por sua vez, as atividades podem ser divididas em operações e elementos de trabalho que é a última divisão que faz sentido para este estudo.

O foco desta pesquisa tem no centro o sistema de manufatura, com as necessidades de medição de suas atividades e o relacionamento com a unidade de negócio à qual pertence e de onde se desdobra a estratégia para o sistema de manufatura.

Para entender melhor o sistema de manufatura é necessário reconhecer que está formado por uma rede de fluxos de materiais, informações e pessoas (Figura 38):

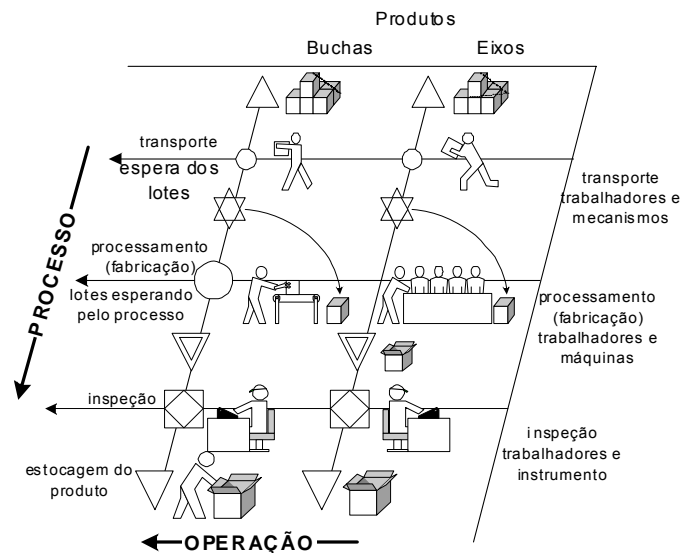
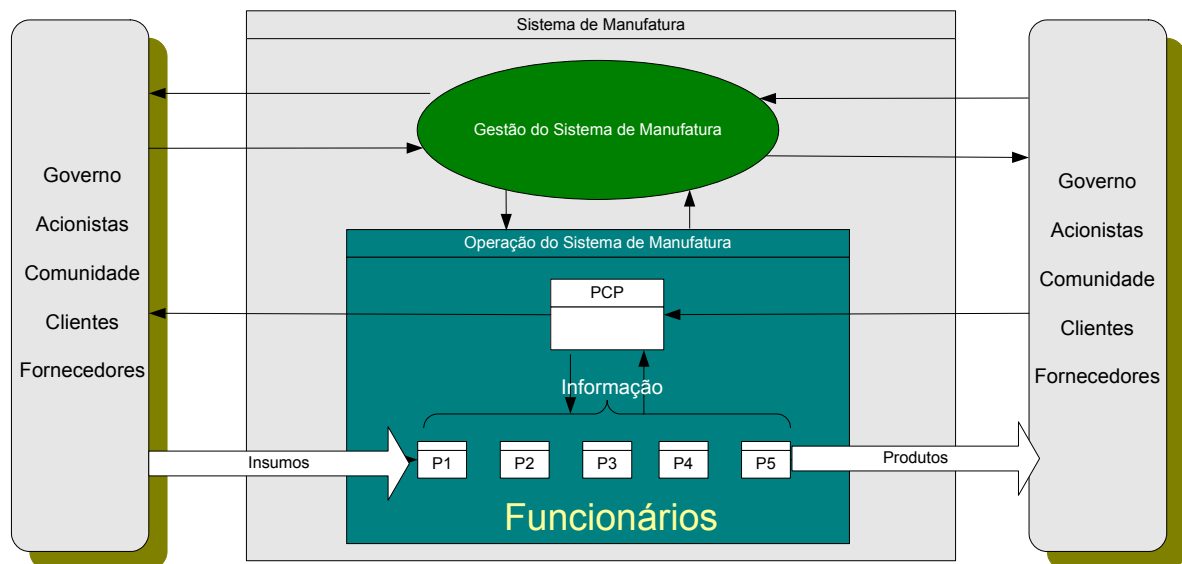


Figura 38. Fluxos de materiais e de pessoas do sistema de manufatura. Fonte: Shingo (1996).

Esta rede tem por finalidade executar a produção de produtos do sistema de manufatura. Ilustrar-se-á o conceito com um exemplo para a indústria metal-mecânica: basicamente um bem como um eixo é cortado, furado, desbastado e recebe o acabamento, logo é transportado até o estoque à espera de um tratamento térmico, tratado termicamente e finalmente liberado para o cliente. Essa seqüência de transformações, movimentações, esperas e inspeções que sofrem os materiais em transformação definem o **fluxo de materiais**. Já o fornecedor chega com um carregamento de suprimentos, se dirige ao recebimento, apresenta os documentos da carga, é avaliado pela empresa, recebe ordem de descarregamento, descarrega e sai da fábrica. O operador prepara o torno para operar no eixo, fura, desbasta e acaba o eixo, se dirige ao almoxarifado de ferramentas em procura de uma ferramenta apropriada para usinagem de um novo eixo e inicia a preparação de uma outra máquina para iniciar o acabamento. Essa seqüência de ações realizada pelos fornecedores e operadores forma parte do **fluxo de pessoas** - também chamada de fluxo de operadores/processos por Rother e Shook (2003). Em particular, esse operador começou suas operações devido a uma ordem de fabricação que chegou ao seu posto de trabalho, essa ordem pode ter sido originada no setor de Planejamento e Controle - PCP - da empresa em função dos pedidos firmes ou previstos dos clientes ou pela necessidade imediata do processo cliente, promovendo um fluxo de materiais empurrado ou puxado respectivamente. Esta ordem é parte integrante do **fluxo de informações** do sistema de manufatura.

Uma representação gráfica mais ampla do sistema de manufatura, utilizando elementos da técnica de Mapeamento de Fluxo de Valor – MFV - praticada pela Toyota Co. e apresentada por Rother e Shook (2003) para a operação do sistema e a proposta de divisão hierárquica de Bititci *et alli* (1997) inspirada em Beer (1979) de natureza cibernética é mostrada na Figura 39:



**Figura 39. O sistema de manufatura. Elaborada pelo autor.**

Neste modelo são reconhecidos os principais *stakeholders* do sistema de manufatura. Assim aparecem os fornecedores de insumos, os funcionários que são o principal recurso transformador, os clientes, comunidade e outros processos que estão interessados nos produtos do sistema de manufatura. Também aparecem os principais processos técnicos que compõem o sistema. Estes processos podem ser, dentre outros: usinagem, conformação, solda, injeção, esmerilado, pintura e montagem.

Este modelo está inspirado claramente em uma visão por processos e contrasta com a visão clássica departamental. Isto é chave para o desenvolvimento de medidas de desempenho. O sistema de manufatura deve ser pensado impreterivelmente como uma seqüência de processos alinhados e a única maneira de medir eficazmente o seu desempenho é com parâmetros que representem resultados dessa seqüência de processos. Esta é a concepção da manufatura enxuta e da qualidade total, que enfatiza a importância de enxergar o fluxo de valor do sistema, fluxo formado pela parte dos processos que efetivamente agregam valor para os clientes dos produtos.

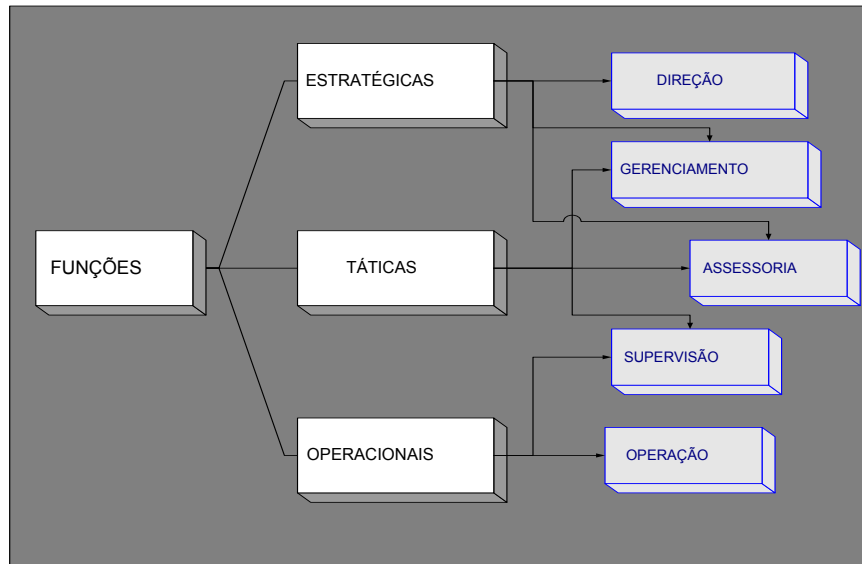
### 3.1.2 Necessidades de informação para cada função dentro do sistema de manufatura

As medidas de desempenho são dados dispostos de modo que façam sentido para as pessoas da empresa com o intuito de auxiliar a tomada de decisão necessária para a melhoria da organização. Para Brown (1996) se a informação não for entendida ou não influenciar corretamente, ela não ajudará à organização a se tornar melhor. As medidas são um subsistema especializado da informação que circula pelo sistema de manufatura para influenciar o seu desempenho, e certamente espera-se que influencie a tomada de decisão.

Os diferentes tipos de decisões a serem tomadas e responsabilidades associadas definem as diferentes funções dentro da empresa organizada hierarquicamente. Note-se que se fala em

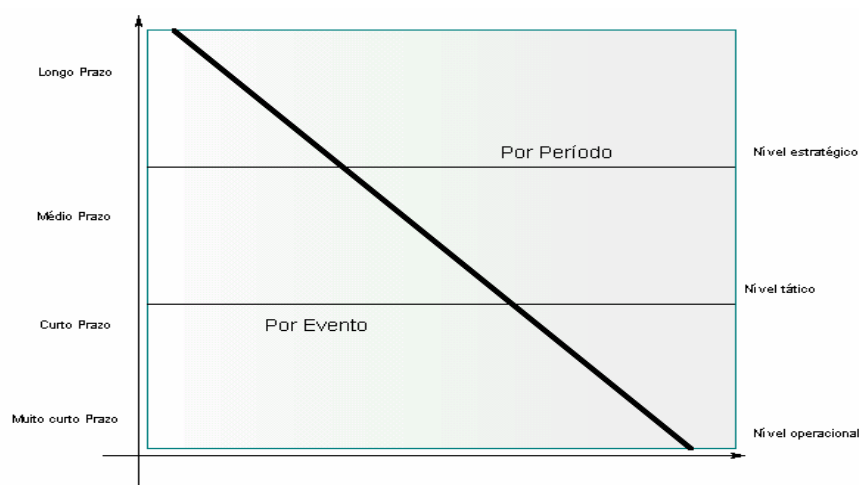


funções e não hierarquias já que as hierarquias mudam continuamente devido a fatores internos e externos. Assim as funções usuais dentro do sistema de manufatura que são diretoria, gerenciamento, assessoria (*staff*), supervisão e operação segundo Campos (1994), se relacionam da seguinte maneira com a divisão em níveis estratégico, tático e operacional:



**Figura 40. Níveis de decisão e funções dentro da Empresa. Adaptada Campos (1992).**

As funções têm necessidades de informação que podem ser classificadas basicamente por uma escala temporal variando desde o longo prazo até o curto prazo. Harbour (1997) destaca que adaptar medidas às necessidades de cada função é necessário e isto significa fazer as medidas específicas, orientadas para a ação, relevantes e com a frequência de tempo requisitada. A cada nível de decisão correspondem diferentes prazos temporais. Isto é ilustrado na Figura 41:



**Figura 41. Decisões periódicas e por evento. Elaborada pelo autor.**

A Tabela 5 mostra as principais características de cada função relativas à sua tomada de decisão:

**Tabela 5. Atributos das medidas segundo horizonte temporal. Elaborada pelo autor.**

<b>Atributos das medidas</b>	<b>Longo Prazo</b>	<b>Médio Prazo</b>	<b>Curto Prazo</b>
Foco	Estratégico	-----	Diagnóstico
Agregação	Grande	-----	Pequena – Alta especificidade
Decisões tomadas por	Período		Período e evento
Propósito	Planejar, melhorar	-----	Executar, controlar e avaliar melhoria incremental
Tipo	Principalmente tecnológicas e financeiras	-----	Operacionais
Horizonte de tomada de decisão médio	3 anos	-----	Semanal
Período médio de reconsideração de decisões	1 ano	-----	Diário
Funções	Diretoria		Operação

O curto prazo inclui o curtíssimo prazo onde as decisões são tomadas basicamente por eventos e não faz sentido falar de período nem de horizonte. Basicamente os eventos dominam essa tomada de decisão que visa manter a rotina sob controle.

### **3.2 A eficácia externa e a excelência operacional interna do sistema de manufatura**

A gestão do sistema de manufatura deve trabalhar para que o sistema de manufatura contribua estrategicamente com as unidades de negócio às quais atende e melhore continuamente para alcançar resultados internos de excelência operacional. A gestão da manufatura pode ser dividida então em duas etapas bem identificáveis:

- A etapa de construção do plano estratégico onde se deve entender claramente a estratégia das unidades de negócio que são atendidas pelo sistema de manufatura e elaborar um plano estratégico para a manufatura que seja viável, ético e que contribua ao desempenho dos negócios;
- A etapa de melhoria do desempenho, levando continuamente a patamares mais elevados o desempenho interno do sistema por meio de uma maior eficiência nas operações, isto é em busca de excelência operacional para o sistema.

É lógico pensar que o sistema de medição de desempenho deva oferecer informação para as duas etapas da gestão apresentadas e por isso esta é a principal premissa para desdobramento de medidas de desempenho. Medidas de desempenho devem ser desdobradas da estratégia para contribuir aos negócios principais sem deixar de observar os requisitos para o sistema de manufatura que levam este à excelência operacional. O desafio da gestão dos negócios e da gestão da manufatura e manter alinhados estes desdobramentos e a medição de desempenho é geralmente apresentada como uma das principais ferramentas para consegui-lo. Em particular

este autor considera que isto depende muito mais da qualidade da gestão em si do que do sistema de medição de desempenho como ferramenta, depositar muitas esperanças no SMD é não entender que é apenas uma ferramenta de apoio à gestão e leva ao descrédito as iniciativas da disciplina.

Então, a maior parte das decisões e ações de gestão é tomada com base na estratégia das unidades de negócio e pela necessidade de melhorar continuamente o sistema de manufatura. Estes dois desdobramentos de ações podem ser classificados como:

1. Desdobramento para cumprir com a estratégia das unidades de negócio e assim alcançar a eficácia externa;
2. Desdobramento para alcançar a excelência operacional interna.

De acordo com Kaplan e Norton (1997) o desdobramento de medidas de desempenho a partir da estratégia pode levar ao reconhecimento da contribuição do sistema de manufatura a processos de negócio inteiramente novos e contribuir a sua eficácia externa no atendimento aos clientes. Já quando se fala em excelência operacional se fala do sistema de manufatura desde uma perspectiva de eficiência interna, na obtenção simultânea de melhoria contínua da qualidade, flexibilidade, redução dos tempos de ciclos, confiabilidade das operações e redução de custos. A excelência operacional inclui o controle da variação da qualidade e confiabilidade dos equipamentos dos processos técnicos do sistema de manufatura, sendo isto foco da gestão da rotina e base sólida da excelência operacional de qualquer empresa de manufatura.

### 3.2.1 Eficácia externa

O sistema de manufatura não pode ser analisado fora do contexto, pois pertence a uma unidade de negócio. É imprescindível reconhecer que o desempenho das unidades de processo (o sistema de manufatura é um deles, VER Figura 37) deve ser analisado dentro de uma unidade de negócio e deve ser medido em termos da contribuição para o desempenho da unidade de negócio (Bititci, 2002b).

Empresas de manufatura atuam em mercados com diferentes previsibilidades e com produtos e processos com diferentes complexidades e, portanto, pode conter mais de uma unidade de negócio. Sendo assim, uma das primeiras questões que o conteúdo da estratégia para a manufatura deve considerar são os objetivos de desempenho importantes para cada negócio ao qual o sistema de manufatura atende.

Para Slack *et alli* (1997) três fatores são especialmente importantes na determinação de quais os objetivos de desempenho que devem ser enfatizados:

1. Necessidades específicas dos grupos de consumidores;
2. As atividades dos concorrentes da empresa;
3. O estágio do ciclo de vida dos produtos da empresa.

Já para Bititci (2002b) os critérios importantes para estabelecer os caminhos que devem ser seguidos estão dados pela incerteza do mercado no qual a empresa concorre e a complexidade do produto manufaturado. A síntese entre as propostas de Slack *et alli* (1997) e Bititci (2002b) é possível e neste trabalho consideram-se importantes para a concepção da estratégia do sistema de manufatura os seguintes aspectos:

1. Necessidades dos grupos específicos de consumidores e dos outros *stakeholders*;
2. Estágio de ciclo de vida;
3. Complexidade do produto e tecnologia de processamento.

#### ***Necessidades dos grupos específicos de consumidores e dos stakeholders em geral***

Este é o mais importante dos fatores que influenciam as prioridades estratégicas para o sistema de manufatura. Os objetivos de desempenho refletem as necessidades e expectativas dos clientes. Estas necessidades e expectativas podem ser modificadas pelas atividades da empresa, dos concorrentes ou outros fatores externos.

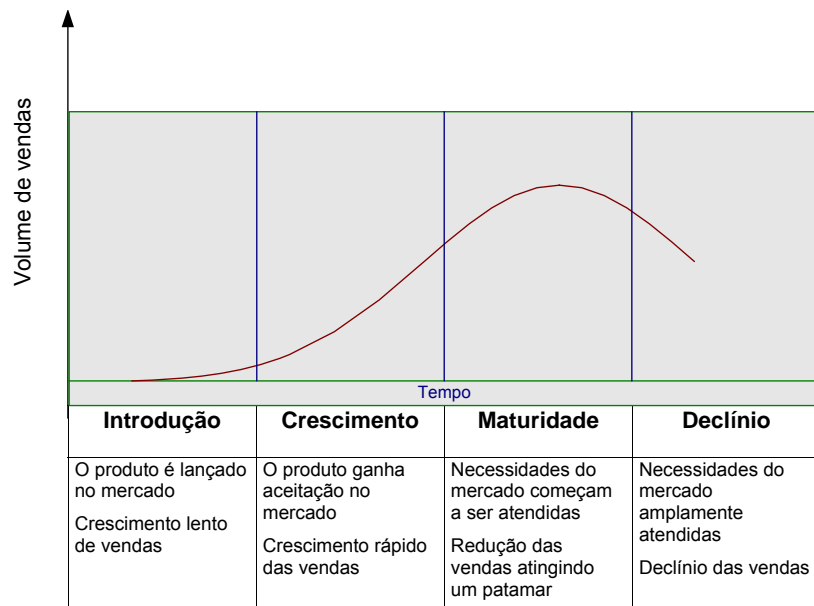
A importância relativa dos objetivos de desempenho à luz da visão do cliente é uma responsabilidade da gerência e deve ser considerado que diferentes negócios exigem normalmente prioridades e objetivos diferentes. Inclusive deve ser considerada a influência indireta na determinação das escolhas dos clientes dada pelas atividades dos concorrentes diretos e indiretos. Nesse sentido é necessário monitorar as atividades dos concorrentes e identificar os produtos substitutos que possam caracterizar os concorrentes indiretos.

As necessidades dos demais *stakeholders* (comunidade, acionistas, governo, etc.) chegam também aos gestores do sistema de manufatura, as mais das vezes traduzidas pelas gerências da corporação e do negócio, também chamadas de alta direção.

#### ***Estágio de ciclo de vida***

O estágio do ciclo de vida do produto acaba sendo definido basicamente pelo interesse dos clientes no bem de manufatura e isso reflete em diferentes exigências para o negócio e diferentes objetivos de desempenho para o sistema de manufatura em cada etapa.

No estágio de introdução as vendas vão crescendo lentamente em função de oferecer desempenhos funcionais diferenciados, flexibilidade de projeto e de volume, importantes para o sistema de manufatura contribuir com o negócio.



**Figura 42. O ciclo de vida do produto e as exigências para o sistema de manufatura.**

Na etapa de crescimento das vendas os bens começam a ser altamente adotados e o projeto de produto pode ser padronizado. O sistema de manufatura deve estar preparado para responder ao crescente aumento de volume. Os níveis de qualidade tornam-se importantes nesta etapa onde começam a aparecer os concorrentes seguidores.

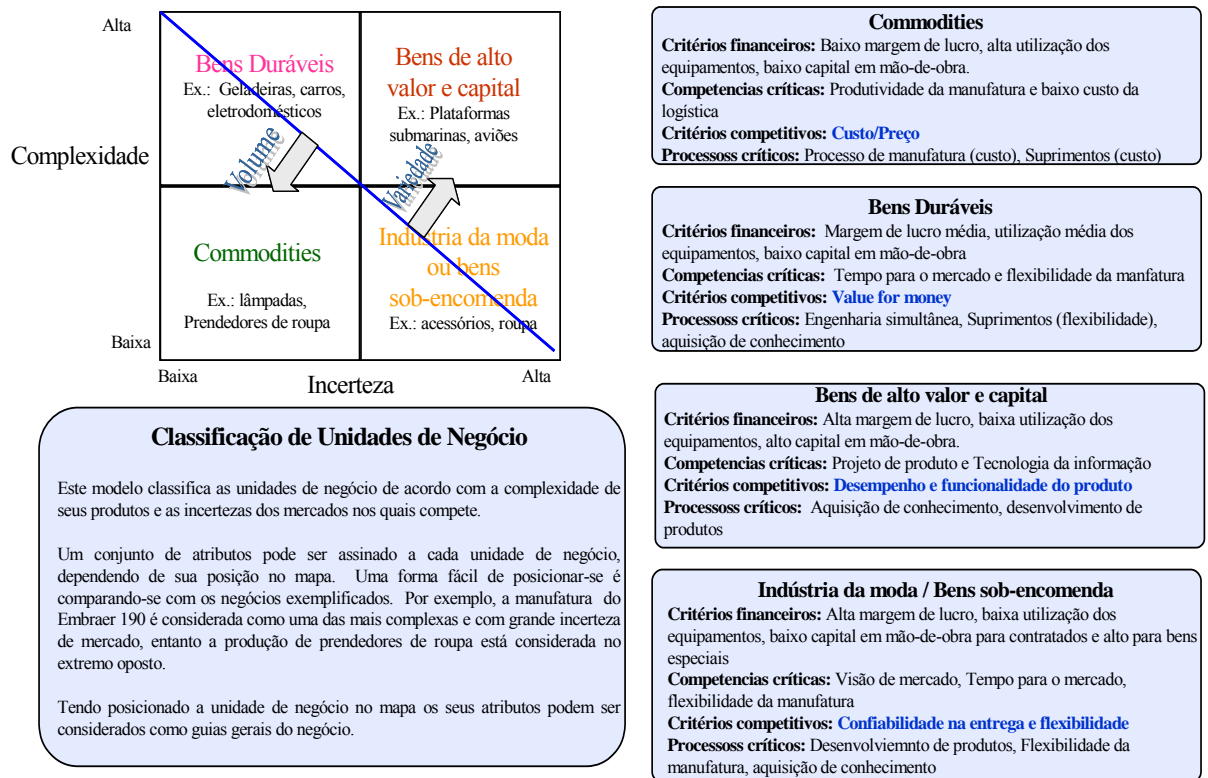
Nas etapas de maturidade e declínio a demanda se estabiliza e cai, aí a redução de custos através de alta produtividade se torna importante para o sistema de manufatura, pois a pressão por preço será cada vez maior.

### ***Complexidade do produto e Tecnologia de processamento***

A complexidade do produto diz sobre o domínio tecnológico que a empresa deve ter para manufaturar os seus bens. Uma complexidade maior normalmente está associada com menor importância pelo objetivo de desempenho custo e uma maior ênfase na qualidade, entendida como performance funcional e confiabilidade do produto.

As características do bem de manufatura dadas pelo ciclo de vida e pela sua complexidade influenciam certamente as tecnologias de processamento, e estas normalmente atuam como restrições para determinados negócios, chegando até a inviabilizar a entrada em algum tipo de negócio específico. Por exemplo, a tecnologia normalmente se torna uma restrição para atuar em mercados com alto *mix* de produtos e baixos volumes, se foi adquirida pensando em economias de escala. Isto é bem explicado pela matriz produto-processo de Hayes e Wheelwright (1984).

Como se vê na Figura 43 estes três aspectos definem em grande parte quais são as competências críticas, os fatores competitivos e os macro-processos críticos do negócio.



**Figura 43. Classificação de unidades de negócio segundo os eixos complexidade do produto-incerteza do mercado. Adaptado Bititci (2002b).**

Então, dependendo do posicionamento nos eixos incerteza de mercado e complexidade do produto, mudam os principais objetivos de desempenho para a unidade de negócio e isto impactará nos objetivos da eficácia externa para o sistema de manufatura. Por isso é muito importante descrever se a mesma empresa está operando unidades de negócio diferentes que exijam diferentes requisitos da manufatura. Isto é uma condição essencial para o desenvolvimento de medidas de desempenho em sistemas de manufatura.

### 3.2.2 Excelência operacional interna

Este mecanismo é considerado importante porque é o caminho contínuo da redução de custos e aumento da flexibilidade por meio do aumento da confiabilidade, aumento da qualidade, aumento de velocidade e sincronização das operações. Se não cumprido pode inviabilizar o negócio da empresa no médio e longo prazo apesar de uma boa leitura e posicionamento estratégico, pois a operação pode resultar cara demais, restringindo cada vez mais as oportunidades estratégicas do negócio. Se cumprido pode tornar a empresa extremamente competitiva em tempos de bonança e pode fazê-la viável em tempos de crise, quando as concorrentes declaram inviabilidade do negócio. Ao entender deste autor o corpo de conhecimentos práticos e teóricos que melhor está trabalhando estas questões está dado pela linha de gestão da manufatura enxuta (*lean manufacturing*). Por isso poderia-se traduzir alcançar

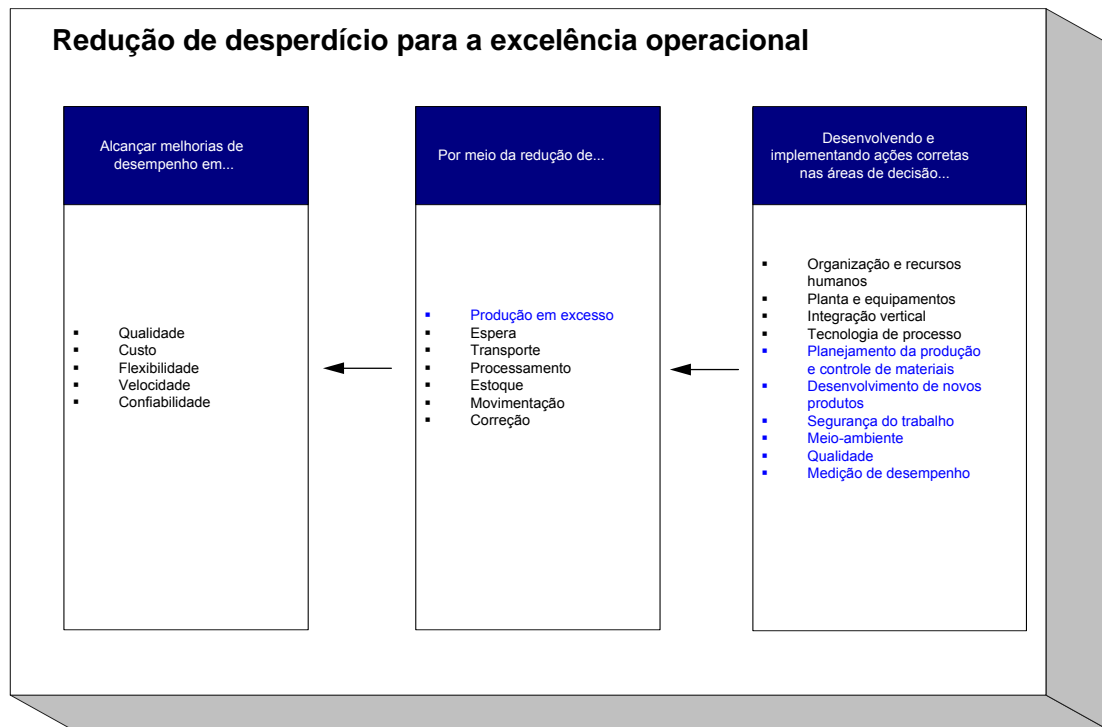
excelência operacional como alcançar um sistema de manufatura enxuto, buscando perfeição na gestão da rotina.

Gestores do sistema de manufatura têm a obrigação de oferecer melhorias na excelência operacional independentemente da contribuição estratégica. Isto deve considerar dentre outras coisas:

- Redução nos lead times de produção das diferentes famílias de produtos;
- Redução nos tempos de ciclos de operação e *setup* de equipamentos;
- Balanceamento e sincronização de fluxos de materiais;
- Redução de defeitos externos e internos;
- Melhoria de produto e processos
- Melhoria da qualidade do fornecimento;
- Melhoria na disponibilidade dos equipamentos;
- Aumento da produtividade e redução de custos;
- Flexibilidade de *mix* e volumes de produção das famílias de produtos;
- Melhorias em segurança dos produtos, processos e instalações;

Estes aspectos são enquadráveis dentro dos cinco objetivos de desempenho qualidade, flexibilidade, velocidade, confiabilidade e custo, sendo que segurança é necessário para todos eles ao mesmo tempo e um requisito indispensável para avançar na satisfação dos funcionários.

Para atuar na busca pela excelência operacional deve ser buscada continuamente a redução dos sete desperdícios detalhados por Ohno (1997) ou seu recíproco, o **valor** como expresso por Womack (1996). Assim, pode-se pensar em um modelo onde a atuação nas áreas de decisão seja funcional à excelência operacional pela atuação focalizada nos desperdícios do sistema de manufatura, com o fim de apenas trabalhar gerando valor para os clientes.



**Figura 44. Modelo de atuação sobre os desperdícios para atingir a excelência operacional.**  
**Elaborada pelo autor.**

Porém a excelência operacional é muito mais do que melhorar em cinco objetivos de desempenho continuamente em forma desconexa, pois estes objetivos estão relacionados e se forem trabalhados em forma correta oferecerão para o sistema de manufatura um desempenho superior e uma capacidade de realização maior da estratégia do negócio. Ao final de contas, uma separação entre perspectiva interna e externa só faz sentido taxonômico e logicamente se deve pensar em um desempenho integrado. Este relacionamento será desenvolvido na seção 3.4, quando se tenham mais elementos desenvolvidos neste capítulo.

### 3.2.3 A importância da rotina para o sistema de manufatura

Como visto na revisão bibliográfica a rotina está constituída por todas as operações ou atividades diárias repetitivas e plausíveis de padronização dentro do sistema de manufatura. Infelizmente, exemplos da indústria e relatos da literatura mostram que grande parte dos problemas das empresas se deve ao excesso de operações que são desperdício, assim como ao mau entendimento das definições operacionais que levam à execução de forma diferente por parte de diferentes operadores. Para melhorar isto só resta padronização que é sinônimo de revolução industrial e para Campos (1992) “só é possível manter o domínio tecnológico de um sistema de manufatura mediante a padronização”. Considera-se chave a gestão dessa rotina em empresas de manufatura porque a padronização reduz a variabilidade das operações aumentando a previsibilidade dos resultados da rotina e permitindo a delegação de responsabilidades aos operadores e supervisores, permitindo aos gestores considerar o ciclo de



melhoria da excelência operacional e focar na contribuição estratégica. Com a padronização se alcança principalmente qualidade, confiabilidade e velocidade.

Seguindo a classificação de Campos (1992) os padrões se dividem em padrões de sistema ou gerenciais e padrões técnicos. Padrões técnicos, que são os que interessam à gestão da rotina, incluem especificação do produto, padrão técnico do processo, padrão de inspeção e procedimentos operacionais dos operadores. A síntese que é funcional para a rotina diária é o procedimento operacional preparado para a execução das atividades dos operadores.

Para a padronização efetiva do trabalho é necessário mais do que uma lista de passos a serem executados, para Cho (Presidente da Toyota Co.) *apud* Liker (2004) o trabalho padronizado consiste de três elementos: o tempo *takt*, a seqüência de tarefas e a quantidade necessária de estoque que o operador deve ter em mãos para realizar a tarefa padronizada. Por isso, a supervisão e os times de melhoria da rotina do sistema de manufatura deveriam trabalhar com três documentos básicos para assistir à padronização do trabalho dentro de um sistema de manufatura de alto desempenho (MONDEN, 1984) e (ROTHER E SHOOK, 2003). São eles: o quadro de capacidade do processo, a tabela de combinação do trabalho padronizado e o diagrama de trabalho padronizado. Estes documentos são padrões técnicos de processos e devem finalmente ser combinados no documento de trabalho padronizado para o operador.

O quadro de capacidade do processo se utiliza basicamente para calcular a capacidade das máquinas para cada peça sendo fabricada, podendo encontrar dessa maneira possíveis gargalos em uma célula e confirmar a capacidade real do processo técnico em questão.




Quadro de Capacidade do Processo		Aprovado por:	Peça Nº E-254 Nome da Peça: Eixo rotor leve			Aplicação: Linha Célula Usinagem		Registrado por:
Nº	Nome do processo	Máquina Nº	Tempo básico			Troca de ferramenta		Capacidade de processamento por turno
			Manual	Auto	Total	Troca	Tempo Ts	
1	Pré-corte	PC-102	8	9	17	450	15min	1429
2	Corte	CO-201	5	15	20	250	8min	1224
3	Usinagem	US-304	14	28	42	100	7min	616

**Figura 45. Quadro de capacidade do processo. Fonte: Léxico Lean (2003).**

A coluna de troca de ferramentas especifica o número de unidades a serem produzidas antes da troca de ferramentas (MONDEN, 1984). A capacidade do processo pode ser computada por dia de trabalho ou por turno de trabalho.

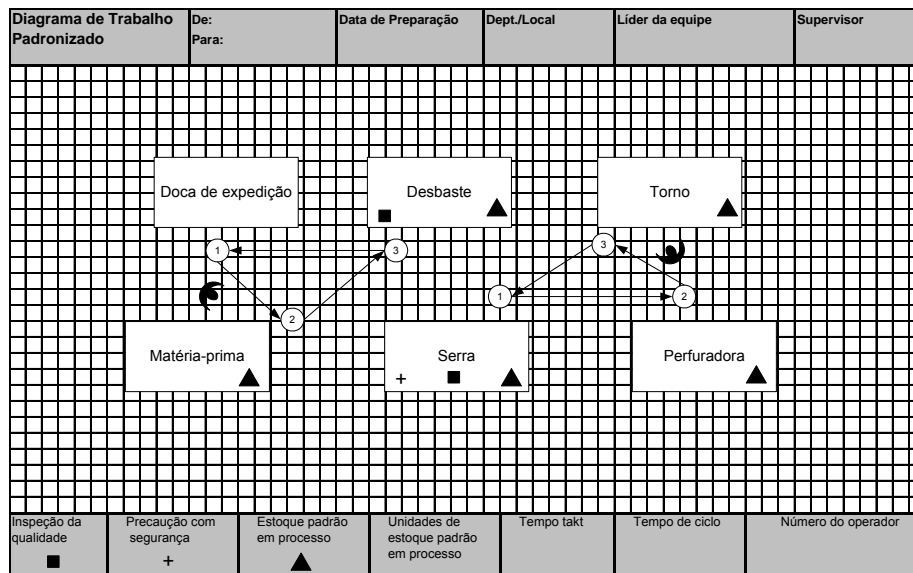
Já a tabela de combinação do trabalho padronizado mostra de forma combinada o tempo de trabalho manual, o tempo de caminhada e o tempo de processamento da máquina para cada operador (LÉXICO LEAN, 2003). A tabela permite padronizar rotina de operações onde operadores multifuncionais trabalham em mais de um processo técnico em uma seqüência determinada de tarefas. Se a rotina fosse simples e atrelada a um único processo, então com o quadro de capacidade do processo alcança. Porém se estão separados a tabela de trabalho padronizado é mais adequada. Nela se pode observar claramente como um único operador cumpre tarefas em diferentes processos e completa um ciclo completo onde todos os processos por ele ativados entram dentro do tempo *takt* necessário para atender aos clientes. Deve existir uma folha para cada seqüência de tarefas passíveis de serem executadas por um operador.

Na Figura 46 se mostra uma Tabela de Trabalho Padronizado Combinado - TTPC - típica:

Tabela de Trabalho Padronizado Combinado		De: Para:		Data: Setor:	Demanda x Turno: Tempo Takt: 30 s		 Manual  Caminhar  Automático																
Elementos de Trabalho		Tempo [seg.]		Segundos																			
		Manual	Auto	Caminhar	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95
1	Pegar o tubo e dobrar																						
2	Pegar o tubo e colocar Mont.																						
3	Pegar e conectar																						
4	Pegar mangueira e colocar																						
5	Começar ciclo Mont.																						
6	Pegar peça e colocar mola																						
7	Posicionar em dispositivo I																						
8																							
9																							
10																							
11																							
12																							
13																							
14																							
15																							
16																							
17																							
18																							
19																							
20																							
21																							
22																							
23																							
24																							
25																							
e assim sucessivamente...																							
Totais					5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95
		Segundos																					

**Figura 46. Tabela de Trabalho Padronizado Combinado. Fonte: Léxico Lean (2003).**

O diagrama de trabalho padronizado mostra a movimentação do operador e a localização do material com relação à máquina e ao leiaute do sistema de manufatura. Este diagrama deve mostrar o tempo *takt* – tempo disponível para a produção dividido pela quantidade demandada pelo cliente - e o tempo de ciclo, a seqüência de atividades e a quantidade de estoque padrão para garantir a suavidade do processo (LÉXICO LEAN , 2003).



**Figura 47. Diagrama de trabalho padronizado. Fonte: Léxico Lean (2003).**

O diagrama da Figura 47 claramente   para uso dos supervisores, de pessoal de métodos e processos e mesmo da gerência da produção. O sucesso na redução de estoque em processo e aumento da velocidade do fluxo pelo chão de fábrica se deve em grande parte ao cumprimento deste padrão de processo.

O procedimento operacional deve ser um documento simples, síntese dos padrões técnicos de processo apresentados e também de padrões técnicos de especificação do produto que deveria conter:

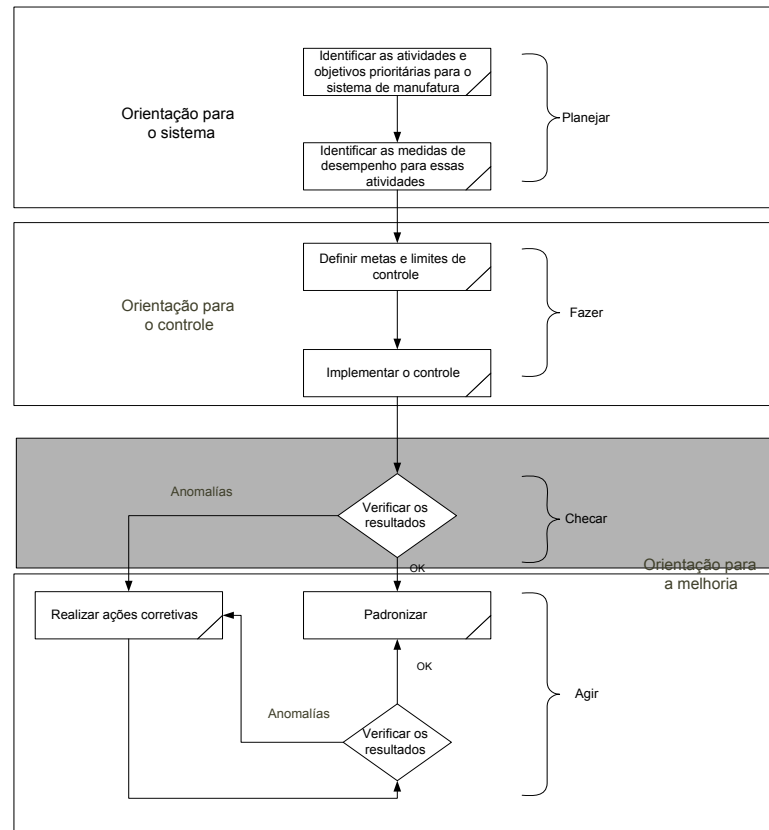
- Lista de máquinas, peças, materiais e instrumentos de medição utilizados na atividade;
- Especificações de qualidade do produto;
- Tarefas proibidas, atividades críticas, ações corretivas e condições de fabricação;
- Freqüência de inspeção dos equipamentos se necessária;
- Tempo *takt* e tempos detalhados de ciclo da rotina (tempo *takt*   o ritmo do cliente que marcar  o ritmo do tempo de ciclo da operação);
- Estoques de materiais em processo necessários para realizar as tarefas;
- Medidas de controle do procedimento.

O padrão deve ser entendido como uma regra para executar tarefas da rotina que serve como base de comparação para a melhoria dessas tarefas (LIKER, 2004 e SMALLEY, 2005).   em certa forma uma referência de comparação para a melhoria, da mesma forma que uma medida de desempenho e não se deve confundir com burocr cia ou documento de motivos para não mudar. Por isso a padronização de procedimentos operacionais deve ser continuamente melhorada.

Por último, medidas de desempenho para controle da rotina devem ser utilizadas como parte da padronização necessária para o bom funcionamento do sistema de manufatura. O seu uso

consolida a técnica de gestão científica ao nível onde tudo acontece e onde o sucesso ou fracasso de uma empresa de manufatura se define: ao nível das unidades básicas de gestão operacional – UBG - formada por funcionários e supervisores.

A Figura 48 apresenta esquematicamente quais as etapas de implementação e melhoria da Gestão da Rotina Diária de Trabalho e pode-se visualizar a total dependência com a medição de desempenho:



**Figura 48. Etapas de Implementação da Gestão da Rotina Diária do Trabalho. Adaptado de Merli (1993).**

Neste modelo adaptado a orientação para o cliente e para o processo, originais dos autores, são consideradas juntas como orientação para o sistema de manufatura na primeira parte da figura. Na prática é a combinação dos padrões técnicos de especificações de produto e padrões técnicos de processos.

A gestão da rotina se vale do cumprimento dos padrões e atuação nas causas de desvio (anomalias), assim como na alteração de padrões para melhorar o desempenho na rotina. Empresas com a norma ISO 9001 implantada, revisada e melhorada (isto é em “uso ativo”) deveriam possuir todos os padrões de sistema e técnicos elaborados para obter bons resultados na rotina, apesar de que o esforço de manter uma padronização do ritmo de trabalho não é bem explorada na norma e muitas empresas descuidam esse importante requisito para a excelência operacional.

Em resumo, uma boa gestão da rotina tem sua principal contribuição na estabilidade básica do sistema de manufatura, e é a principal condição para a excelência operacional interna como neste trabalho apresentada.

Com estes elementos gerais, eficácia externa, excelência operacional (interna) e a importância da gestão da rotina para a excelência operacional já se tem condições de aprofundar nos conceitos detalhados de objetivos, fatores e medidas de desempenho.

### **3.3 Objetivos, fatores e medidas de desempenho**

Neste trabalho foram definidos como objetivos de desempenho para o sistema de manufatura: qualidade, velocidade, confiabilidade, flexibilidade e custo. Estes objetivos têm suas perspectivas externas e internas, sendo o elo natural entre a estratégia para o sistema de manufatura e a excelência operacional. Na Tabela 6 se apresentam alguns fatores e medidas de desempenho usuais para os diferentes objetivos de desempenho:

Tabela 6. Objetivos de desempenho e fatores usuais. Adaptado: Slack (2002).

Objetivo de desempenho	Fatores de desempenho
<b>Qualidade</b>	Defeitos por unidade fabricada
	Defeitos por oportunidade de erros
	Porcentagem de refugo e retrabalho por unid. fabricada (para processo e para sistema – RTY)
	Cpk e Cp dos principais processos
	Escore de satisfação dos clientes
	Nº de reclamações dos clientes
	Escore de satisfação dos funcionários
	Confiabilidade do produto em serviço
	Qualidade do fornecedor
<b>Velocidade</b>	Tempo de ciclo de operação
	Frequência de entregas
	Tempo de atravessamento da produção (Lead time)
	Tempo efetivo de processamento sobre o lead time de produção
	Giro de estoque
	Estoque em processamento (WIP)
	Área de estoque em processamento / área total de manufatura
<b>Confiabilidade</b>	Aderência à programação
	Porcentagem de pedidos perfeitos entregues com atraso – OTIF
	Desvio-médio de promessa de chegada
	Efetividade total do equipamento – OEE
	Percentual de faltas de materiais (Interno)
	Cobertura de estoque
	Atraso médio de pedidos
	Acurácia do estoque
<b>Flexibilidade</b>	Mix de produtos fabricados
	Percentual da capacidade máxima consumida pelo tempo de <i>setup</i> – TPT
	Tamanho médio de lote de transferência
	Tempo para aumentar taxa de produção
	Utilização média / capacidade máxima
	Número semanal de alterações de programação
	Porcentagem de pedidos atendidos desde o estoque
	Porcentagem de pedidos programados seguindo previsão
	Tempo mínimo de entrega / tempo médio de entrega
<b>Custo</b>	Tempo para desenvolver um novo produto sobre o tempo requisitado pelo cliente
	Produtividade total e produtividades parciais (de mão-de-obra, de máquinas, de insumos, etc)
	Custo do produto
	Custo de transformação
	Custo por hora de operação sobre o custo programado
	Custo de re-trabalho e refugos
	Custos de garantia

Esta tabela é ilustrativa dos fatores e medidas de desempenho usuais e é uma boa base para as medidas de desempenho do sistema de manufatura, tanto para o desdobramento pela estratégia quanto para o desdobramento pela excelência operacional. Nas subseções a seguir

se descrevem as características dos principais fatores e medidas usados em sistemas de manufatura, assim como os objetivos de desempenho aos quais atendem. Para todos os fins, a diferença entre fator e medida de desempenho está dada pela generalidade do conceito. Como colocado na definição de medida de desempenho, ela serve para quantificar, portanto tem unidades e deverá estar constituída por uma série de elementos que a definam sem dualidade. Já o fator de desempenho é o conceito que permite modelar e entender as principais relações causais dentro de sistemas de manufatura, podendo dar o mesmo fator nascimento a mais de uma medida de desempenho. A maior parte do tempo estará se escrevendo sobre fatores de desempenho. Na Tabela 6 se misturam fatores e medidas, assim **confiabilidade do produto em serviço** é claramente um fator que pode ser medido em *ppm reclamadas pelo cliente durante a garantia*, por exemplo. Já o **número semanal de alterações da programação** pode ser lido como o nome de uma medida de desempenho.

### 3.3.1 Qualidade

A definição aqui adotada para qualidade é a de Slack *et alli* (1997) que concilia a visão do cliente com a visão do sistema de manufatura: “qualidade é a consistente conformidade com as expectativas dos consumidores”. Consistente conformidade diz sobre qualidade interna dos processos e expectativas dos clientes diz sobre a qualidade externa, ou valor percebido pelo cliente no bem final. Isto é muito importante já que o cliente final é o principal determinador do valor e assim se constitui no principal *stakeholder* para o sistema de manufatura. As diferentes dimensões da qualidade estão sintetizadas no Quadro 2:

**Quadro 2. Dimensões da qualidade. Adaptado Neely (1995).**

	Qualidade	
	Qualidade externa	Qualidade interna
Dimensões	Funcionalidade	Conformidade com a especificação: <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ do produto;</li> <li>▪ do processo;</li> <li>▪ de segurança ou reguladoras</li> </ul>
	Confiabilidade em serviço	
	Estética	
	Qualidade percebida	

Medidas do objetivo de desempenho qualidade normalmente são coletadas e agregadas pelo setor de garantia da qualidade e o serviço pós-venda da empresa.

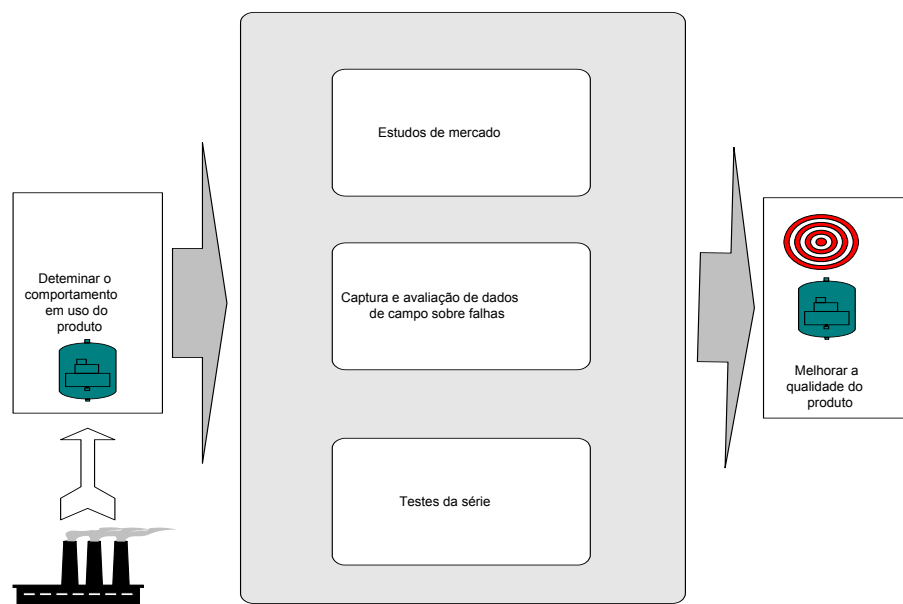
A qualidade externa pode ser medida em várias dimensões, sendo as mais importantes a confiabilidade do produto em serviço (incluindo seus defeitos iniciais), funcionalidade do produto, conformidade com as especificações, estética (design) e percepção de valor do consumidor (associado ao preço). Assim, medidas de resultados que trazem informação sobre a qualidade externa são, dentre outras: taxa de defeitos encontradas em serviço, número de paradas

inesperadas do produto, porcentagem de produtos que cumpriram 100% com as expectativas dos consumidores, custos de garantia (inclui multas e fretes por entregas fora do prazo), etc.

Em empresas de manufatura a qualidade do bem manufaturado é crucial, pois este fica em poder do consumidor e pode se afirmar que a empresa é avaliada continuamente ao longo do ciclo de vida do bem. Apesar de que a empresa pode submetê-los a todo tipo de testes antes de chegarem ao mercado, inclusive simulações do que poderia acontecer em campo, o único teste definitivo é o uso dado em operação pelos clientes. Por isso um sistema planejado para coletar dados do que está acontecendo em campo é uma das grandes atividades da gestão de desempenho do sistema de manufatura. Esta informação que chega desde o consumidor até o produtor deve realimentar a fabricação e projeto dos novos bens. Tratar estes dados, transformando-os em informação ajudará a encontrar os principais pontos de melhoria dos produtos da empresa.

De acordo com Pfeifer (1999) a empresa dispõe de três métodos para conhecer o comportamento de seus bens em operação:

1. Testes da série;
2. Captura e avaliação de informações em campo; e
3. Estudos de mercado.



**Figura 49. Formas de melhorar a qualidade do produto em operação. Adaptado Pfeifer (1999).**

**Testes da série:** consiste de técnicas destrutivas de simulação de cargas pontuais em condições ambientais similares às esperadas e ensaios em campo. Tenta-se reproduzir as condições de carga e uso a uma velocidade maior para causar o envelhecimento prematuro do bem. Para isso se precisam considerações teóricas que permitam garantir falhas semelhantes às



encontradas em uso, isto é particularmente importante em ensaios de fadiga. Com estes testes se podem obter modelos de confiabilidade que permitirão descobrir os diferentes mecanismos de falha e até prever quantos deles podem falhar nos períodos futuros.

Estes testes, se feitos em campo consistem em um acompanhamento longitudinal de alguns bens escolhidos para tal fim. Isto normalmente é combinado com o cliente e é feito sobre uma pequena amostra da população por razões econômicas. Uma técnica usual é lançar alguns bens iniciais a campo para encontrar os problemas de falhas iniciais, que são muito importantes já que dificilmente o cliente não os identifique como sendo falha do produtor.

**Captura e avaliação de dados em campo:** normalmente desenvolvida pelo serviço pós-venda da empresa, esta atividade requer identificar as fontes de dados, a forma de coletá-los e avaliá-los. A principal fonte de dados são as reclamações do período de garantia do bem (normalmente capturadas pelo SAC da empresa), os *recalls* se bem conduzidos podem também ser uma fonte valiosa de dados. É muito difícil capturar dados passados o período de garantia porque podem existir muitas reparações e consertos intermediários não declarados.

**Estudos de mercado:** este tipo de estudo permite trazer informação sobre a satisfação e expectativas dos clientes principalmente. Pode-se colher dados em experimentos, enquetes e observações planejadas. Os experimentos combinam observação e pesquisas por questionário com um objetivo claro de analisar a reação dos clientes perante, por exemplo, tamanhos, preços ou cores diferentes. Neste tipo de estudos é muito importante separar o que o cliente pensa do que o cliente acha relevante. Infelizmente, muitas pesquisas circulantes se esquecem de perguntar o que o cliente acha relevante, perdendo assim uma chance inestimável de aumentar a eficácia de seu atendimento.

Já a qualidade interna está associada à dimensão conformidade com a especificação do bem de manufatura. Os termos que começam com “re”, como refugo e re-trabalho entram nesta categoria e em geral questões que podem ser classificadas em eficiência e capacidade técnica dos processos. Capacidade tem que ser entendida como a capacidade técnica dos processos de cumprir com a especificação e se não é chamada de capacidade é apenas por uma questão de confusão com a aceitação de capacidade produtiva do sistema de manufatura, muito usual no dia-a-dia das empresas.

Medidas de resultado para a qualidade interna podem ser: porcentagem de refugo sobre a produção, defeitos internos, custos de re-trabalho, custos de inspeção, custos de materiais e peças refugadas, capacidade dos principais processos técnicos, etc.

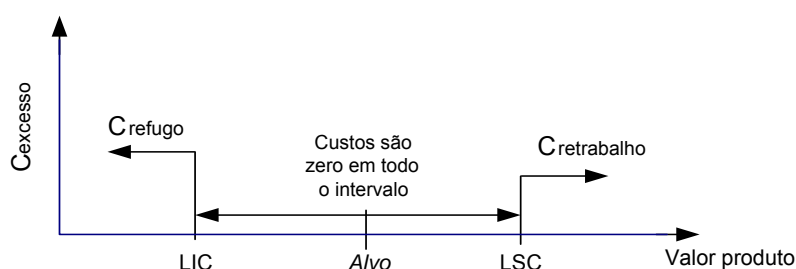
Dentro da qualidade interna aparece a dimensão conformidade com a especificação dividida em três tipos de especificações seguindo a classificação de Wheeler (2000). Cada tipo de especificação tem suas particularidades na hora de serem associadas com a capacidade dos processos técnicos do sistema de manufatura. Isto influencia diretamente na medição da qualidade e dos custos associados e por isso merece ser aprofundada nesta seção:

- **especificações de produto:** refere-se aos pontos de controle onde se toma ação sobre o bem de manufatura. Ações que impedem o bem não conforme ser utilizado para os propósitos objetivados são chamados de refugos, e ações que permitem ao bem não conforme ser utilizado para os propósitos objetivados são chamadas de re-trabalhos.
- **especificações de processo:** para este tipo de especificações as ações são tomadas sobre os processos e não sobre os produtos. Normalmente são usadas percentagens de não conformidade e percentagens de conformidade, quando se sai das especificações se toma alguma ação corretiva sobre o processo.
- **especificações reguladoras:** são especificações colocadas por agências ou órgãos reguladores do governo. São especificações muito abertas e facilmente atingíveis que normalmente geram punições para o produtor se não cumpridas.

Cada tipo de especificação deve ser tratado por separado para entender quais as percentagens de refugo, re-trabalho e os custos associados. A ênfase será para as particularidades da medição e especificações dos produtos e processos, já que a especificação reguladora implica em multas e riscos difíceis de mensurar para a imagem da empresa. Portanto, uma situação que se deve evitar a qualquer custo.

Para tratar os custos associados ao não cumprimento das especificações de produto utiliza-se o conceito de custo efetivo de manufatura como apresentado por Wheeler (2000).

Tradicionalmente a fração de produtos não-conformes tem sido usada para calcular os custos da qualidade, já que se incorre em custos extras para re-trabalhar peças e se perde o trabalho agregado em peças refugadas. Os dois elementos são representados na Figura 50:



**Figura 50. O modelo tradicional para o Custo da qualidade. Fonte: Wheeler (2000).**

Este modelo apresenta o seguinte equacionamento para o custo em excesso:

$$C_{Excesso} = C_{ref} \cdot P_{ref} + C_{ret} \cdot P_{ret} \quad \text{Equação 1}$$

com:  $C_{Excesso}$ : custo em excesso da manufatura

$C_{ref}$ : custo de refugo

$P_{ref}$ : proporção de peças refugadas

$C_{ret}$ : custo de re-trabalho da manufatura

$P_{ret}$ : proporção de re-trabalho das peças

Este custo em excesso deve ser somado ao custo nominal de manufatura para obter o custo real da manufatura. Assim o custo total do produto é:

$$C_{Total\ Produto} = \frac{C_{No\ min\ al\ Unidades\ Vendidas} + C_{Excesso}}{Unidades_{Vendidas}} \quad \text{Equação 2}$$

que é igual a, assumindo o custo de retrabalho expresso como uma fração do custo de refugo:

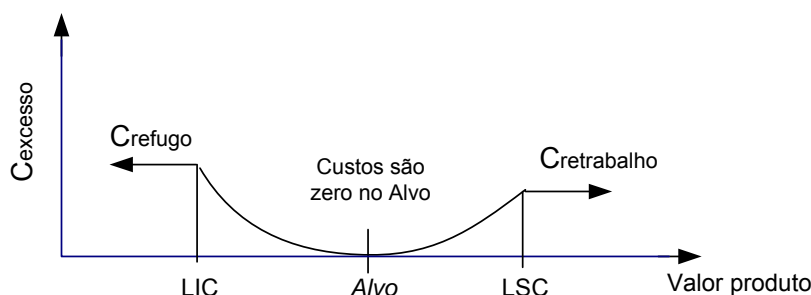
$$C_{Total\ Produto} = C_{No\ min\ al\ Unidades\ Vendidas} \cdot \left( \frac{1 - P_{ref} + C_{Excesso}}{1 - P_{ref}} \right) \quad \text{Equação 3}$$

O fator que multiplica ao custo nominal é o coeficiente que indica qual é eficiência da qualidade do sistema de manufatura da empresa:

$$\left( \frac{1 - P_{ref} + C_{Excesso}}{1 - P_{ref}} \right) = C_{Efetivo\ Manufatura} \quad \text{Equação 4}$$

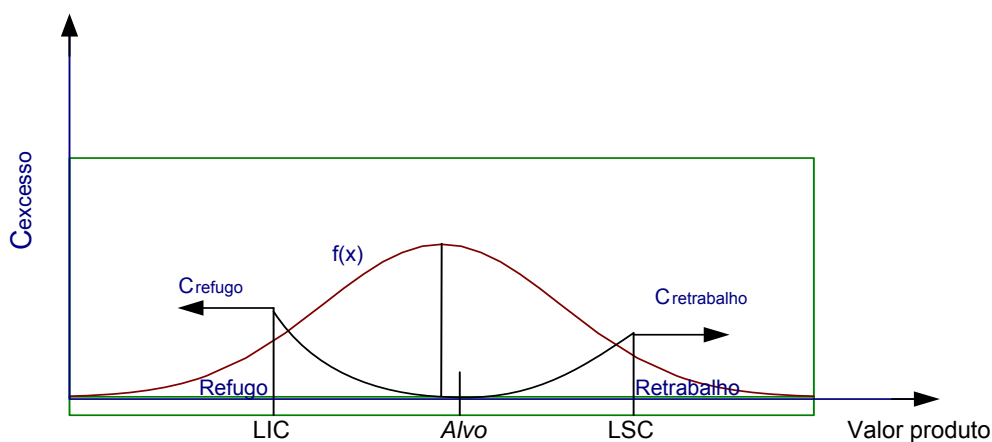
Este modelo assume que existe uma função degrau entre o produto sem defeito e o produto com defeito, no entanto a experiência diz que em sistemas complexos nada muda tão abruptamente. Então, não existem funções de tipo degrau.

Uma prática comum em empresas é classificar componentes para minimizar os problemas de montagem, retrabalhos na hora de montar o produto final ou simplesmente ter que refazer um componente. E tudo isso com peças que não foram refugadas nem retrabalhadas porque passaram pelo controle. Isso traz grandes custos de inspeção e confirma os problemas da variação dos processos. Um modelo mais realístico segundo Wheeler (2000) seria assumir que o custo é zero apenas no valor nominal e que se pode aproximar o custo dentro dos limites superior e inferior por uma função quadrática de Taguchi (Figura 51):



**Figura 51. Um modelo mais realístico de custos da qualidade. Fonte: Wheeler (2000)**

Se combinado este modelo de custos com a função probabilidade de variação das características de qualidade de processos técnicos se podem deduzir equações mais reais dos custos da não qualidade interna:



**Figura 52. O modelo de custo de excesso combinado com a função de probabilidade.**

**Fonte: Wheeler (2000).**

Com este modelo se pode calcular o custo em excesso em função da probabilidade da característica de qualidade sendo medida:

$$C_{Excesso} = \int c_{funçãoExcesso} \cdot probabilidade \quad \text{Equação 5}$$

e dividindo esta expressão em quatro áreas de análise devido ao desvio do **alvo**:

$$C_{Excesso} = C_{ref} \int_{-\infty}^{LIC} f(x) dx + C_{ref} \int_{LIC}^{Alvo} \frac{(x - Alvo)^2}{(LIC - Alvo)^2} f(x) dx + C_{ref} \int_{Alvo}^{LSC} \frac{(x - Alvo)^2}{(LSC - Alvo)^2} f(x) dx + C_{ref} \int_{LSC}^{+\infty} f(x) dx \quad \text{Equação 6}$$

Chamando a esta expressão como custo em excesso integrado, então o custo efetivo da manufatura pode ser expresso assim:

$$C_{EfetivoManufatura} = \left( \frac{1 - P_{ref} + C_{ExcessoIntegrado}}{1 - P_{ref}} \right) \quad \text{Equação 7}$$

O cálculo das integrais pode aparecer complicado, mas isto se pode encontrar tabelado no trabalho de Wheeler (2000). Também pode ser encontrado um desenvolvimento completo das equações matemáticas.

Até aqui se tem um modelo para quantificar aumento de custos por não cumprimento de especificações de produto. E o que acontece com as especificações de processo? Quando os

bens não podem ser medidos através de uma característica e comparados diretamente com um limite de especificação ainda se podem computar bens aceitáveis e não-aceitáveis. Assim uma especificação existirá sobre a fração que é aceitável e a que não é aceitável e sendo desta maneira é uma especificação de processo e não de uma característica do produto. Para estes casos o conceito de custo efetivo de manufatura não se aplica e se deve fazer uso extensivo de medidas de controle para tomar ações corretivas sobre o processo assim que se sair dos limites especificados.

### 3.3.2 Confiabilidade

Este objetivo de desempenho é normalmente incluído como um dos objetivos da qualidade total (CAMPOS, 1992). Outros autores como Neely (1995), Hronec (1994) e Slack *et alli* (1997) tratam a confiabilidade como um objetivo independente para a empresa, ao igual que esta tese.

Junto com a qualidade do bem de manufatura a confiabilidade de entrega se constitui em uma das duas saídas principais para satisfazer ao cliente na perspectiva externa. Como os outros objetivos de desempenho, pode ser vista externamente (eficácia) e internamente (eficiência). Em sua perspectiva interna é chave para a estabilidade do sistema de manufatura como um todo e, portanto para a excelência operacional.

Para a eficácia externa o fator chave é entrega em prazo do pedido, com as quantidades e qualidade prometidas ao cliente inicialmente. No Quadro 2 são mostradas as principais formas de medir confiabilidade na entrega ao cliente:

**Quadro 3. As dimensões da confiabilidade. Elaborado pelo autor.**

Confiabilidade de entrega	Classificação das medidas	
	Pela abrangência da entrega	Pelo conteúdo da entrega
	Considerada até almoxarifado	% entrega em volume
	Considerada até expedição	% entrega de pedidos
	Considerada até faturamento	% entrega de pedidos completos
	Considerada até efetiva entrega ao cliente externo	

Todas as combinações são possíveis entre as duas colunas. Estas medidas são normalmente coletadas e agregadas pela função Logística ou pela função PCP da empresa.

Na perspectiva externa deve ser observado que o único que importa é o que o cliente vê sobre a confiabilidade de entrega da empresa, por isso deve ser trabalhada uma medida completa que considere que o cliente quer o pedido certo na hora certa e com a quantidade e qualidade certa. Uma medida muito usada é o OTIF (*On-Time-In-Full*) onde se controla a entrega no momento certo do pedido perfeito. Para Milliken Europe Co. um pedido perfeito é (NEELY, 1998):

- Data combinada entre o cliente e o setor de vendas da empresa e sem tentativas de mudança de data;

- Produto é enviado na hora certa;
- Pedido é entregue na hora certa;
- Quantidade correta do produto chega ao cliente;
- Qualidade é a correta na chegada;
- Embalagem não apresenta avarias;
- Documentação está completa e não tem erros;
- Documentação é enviada na hora certa;
- Cliente não tem reclamação sobre o pedido;
- Fatura é paga em tempo.

Já, na perspectiva interna, a confiabilidade deve ser pensada como a confiabilidade de entregar em tempo ao cliente interno e assim ganha muita importância a confiabilidade dos recursos da manufatura. Este objetivo interno é muito importante para a excelência operacional porque junto com o objetivo velocidade permitirá a sincronização do fluxo de materiais no sistema de manufatura. Por isso para a excelência operacional confiabilidade e velocidade devem ser trabalhadas sempre em estreita harmonia, o importante é a sincronização do fluxo que é a única arma que gerentes industriais têm para evitar o pior tipo de desperdício segundo Ohno: a produção em excesso (LÉXICO LEAN, 2003).

Em sistemas de manufatura é usual trabalhar com falha como principal variável já que resulta pouco prático medir probabilidade de sucesso. As falhas podem ser classificadas em falhas do processo, falhas de suprimentos (materiais) e falhas de clientes internos (mão-de-obra) (SLACK *et alli*, 1997). A falha do processo se pode dar por falha nos equipamentos (máquinas) ou nos procedimentos dos funcionários (métodos), podendo também ocorrer falha estrutural nas instalações da fábrica.

A taxa de falhas pode ser medida como:

$$TF = \frac{n^{\circ} Falhas}{T_p} * 100 \quad \text{Equação 8}$$

ou

$$TF = \frac{n^{\circ} Falhas}{n^{\circ} totaldeprodutos} * 100 \quad \text{Equação 9}$$

com:

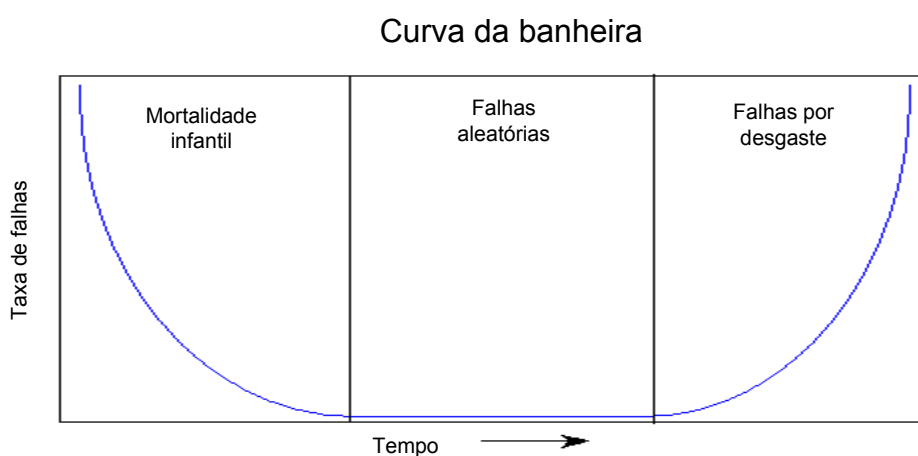
Tp: tempo de processamento

Ou ainda pode ser medida como tempo médio entre falhas – TMEF – embora descaracterizando a definição. Isto é muito usado em indústrias de processos contínuos:

$$TMEF = \frac{T_p}{n^{\circ} \text{ Falhas}} \quad \text{Equação 10}$$

No plano do equipamento esta taxa de falhas terá uma dependência com o tempo desde que o recurso foi manufaturado. Para diferentes estágios no ciclo de vida dos recursos a probabilidade de que falhe será diferente e a função de distribuição  $F(t)$  que melhor descreve esta situação não é a distribuição normal (cuja função densidade é a curva de Gauss) e sim a distribuição de Weibull.

Isto é assim porque a curva de mortalidade ou risco de falha que se utiliza para a maioria dos bens duráveis é a conhecida curva da banheira:



**Figura 53. A curva da banheira. Adaptada Slack *et alli* (1997).**

As três etapas da curva da banheira têm sua explicação física. Uma etapa inicial onde aparecem os problemas de fabricação ou mau projeto e a taxa de falha é relativamente alta, uma etapa de produto maduro onde aparecem falhas aleatórias e a etapa onde a taxa aumenta novamente em função do desgaste natural dos materiais componentes do bem. A representação da curva da banheira é muito importante já que uma vez obtida se pode saber a probabilidade de que os bens falhem a determinado tempo, quantos bens deveriam estar funcionando em um instante determinado e o período de garantia adequado para a empresa e o cliente.

No entanto, no sistema de manufatura é preciso mais do que a informação de alta confiabilidade ou baixa taxa de falha nos recursos transformadores para tomar decisões. Baixa confiabilidade pode ser compensada com rápidas reparações das falhas e então o que importa é a **disponibilidade** dos recursos que é o período de tempo útil para a manufatura de bens. A disponibilidade é então definida como a probabilidade de um recurso a qualquer instante de tempo estar disponível. Medindo a perda devida a paradas não programadas:

$$D = \frac{TMEF}{TMEF + TMDR} \quad \text{Equação 11}$$

onde

*D*: Disponibilidade

*TMEF*: Tempo médio entre falhas de manufatura

*TMDR*: Tempo médio de reparo de falhas e de ajustes de equipamento.

Também pode ser assim equacionada:

$$D = \frac{T_{Operativo}}{T_{EfetivoPlanejado}} \quad \text{Equação 12}$$

Com:

$$T_{Operativo} = T_{EfetivoPlanejado} - T_{Falhas} - T_{Ajustes} \quad \text{Equação 13}$$

$$T_{EfetivoPlanejado} = T_T - T_{PlanejadoParada} \quad \text{Equação 14}$$

A disponibilidade dos equipamentos então será função da confiabilidade do equipamento, do trabalho realizado pelo setor de apoio: manutenção, porém também dos problemas de procedimento e de faltas de materiais. Deve notar-se que o denominador da equação está representando o tempo líquido disponível para a operação e o numerador está representando o tempo total de funcionamento dentro desse tempo líquido de operação. Esta disponibilidade está diretamente relacionada à capacidade de manufaturar do sistema, assim se diz que a empresa pode fabricar tantas unidades de produto por semana, ou toneladas por mês. Isto é a capacidade do sistema medida como uma taxa de produção. Uma consideração importante quando se fala em capacidade é o reconhecimento de que não é uma constante e também não um parâmetro determinístico, mas um parâmetro estocástico. A capacidade varia randomicamente com a disponibilidade aleatória de máquinas, falta de materiais e cumprimento de procedimentos por parte dos funcionários.

Uma medida de desempenho que sintetiza muito bem os conceitos apresentados de disponibilidade e capacidade, acrescentando outros elementos que englobam quase todos os desperdícios do sistema de manufatura, é a Efetividade Total do Equipamento – OEE (do inglês *Overall Equipment Effectiveness*). O OEE é uma medida relevante porque traz informação sobre o desempenho das equipes de manutenção que são base para a excelência operacional, porque traz informação sobre a qualidade dos processos técnicos, sobre a falta de materiais e porque deixa em evidência todos os eventuais pequenos problemas de ritmo e sincronização na operação que tirem eficiência dos processos técnicos.



O OEE é calculado como:

$$OEE = \frac{V_{PR}}{CapE} \quad \text{Equação 15}$$

Onde o Volume de Produção Real ( $V_{PR}$ ) contempla apenas os bens corretamente manufaturados, úteis para os clientes e, portanto, descontando os bens defeituosos. A capacidade efetiva do processo ( $CapE$ ) é a quantidade que se poderia fabricar se não existisse nenhum tipo de falhas.

Resulta muito útil dividir o *OEE* em três fatores principais que englobam vários tipos de perdas:

$$OEE = Disponibilidade \cdot Performance \cdot FTT \quad \text{Equação 16}$$

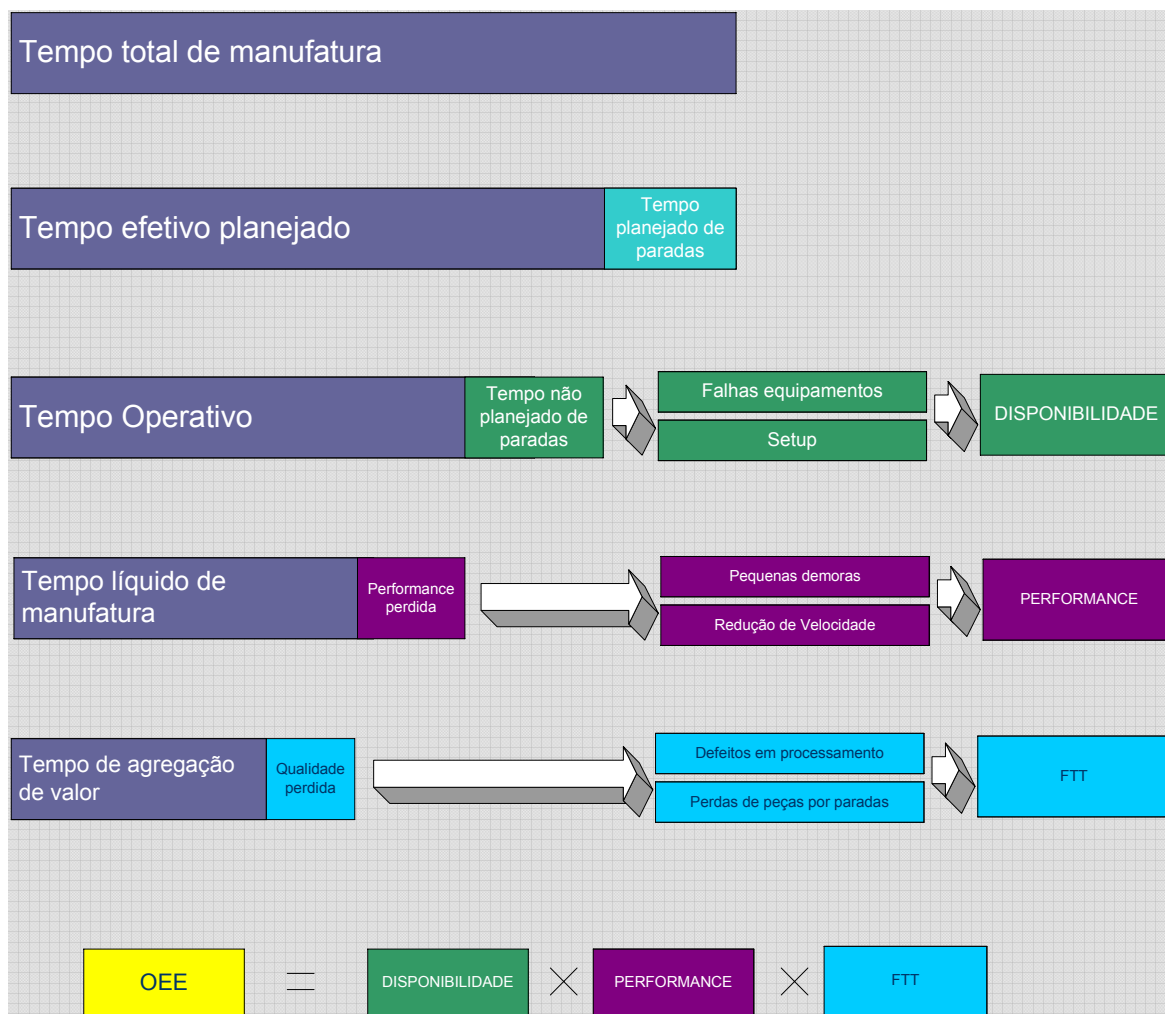
com *FTT* (do inglês *First Time True*) igual a:

$$FTT = \frac{PeçasManufaturadas - PeçasDefeituosas}{PeçasManufaturadas} \quad \text{Equação 17}$$

A *Performance* mede as perdas de rendimento devidas a perdas de velocidade e pequenas paradas por mau funcionamento do equipamento, problemas nos procedimentos de operação, etc. Esse desempenho pode ser calculado como:

$$Performance = \frac{T_{PU} \cdot PeçasManufaturadas}{T_{Operativo}} \quad \text{Equação 18}$$

Onde o tempo operativo é o tempo programado menos paradas por falhas e ajustes.



**Figura 54. Representação dos elementos do OEE. Elaborada pelo autor.**

### 3.3.3 Velocidade

A dimensão externa da velocidade ou Tempo de Resposta à Demanda não será o foco desta seção, apenas dizer que é uma importante questão estratégica e dependendo do negócio pode ser um objetivo ganhador de pedidos. Isto leva às empresas a fazer de tudo para conseguir este objetivo externo e isso vai impactar de diferentes maneiras à excelência operacional. A melhor forma de ilustrar isto é através da razão Tempo Total de Atravessamento/Tempo de Resposta à Demanda ( $T_{TA}/T_{RD}$ ) de Shingo (1988). Sistemas de manufatura podem atender seus clientes de quatro maneiras:

- Atendimento desde o estoque;
- Atendimento desde a montagem;
- Atendimento desde a fabricação;
- Atendimento desde a compra.

Em empresas que entregam ao cliente desde o estoque o tempo de resposta à demanda é:

$$T_{RD} = T_E \quad \text{Equação 19}$$

como o tempo total de atravessamento do pedido é:

$$T_{TA} = T_C + T_{AM} + T_E \quad \text{Equação 20}$$

onde:

$T_{TA}$  = Tempo Total de Atravessamento do pedido

$T_C$  = Tempo de Compra de materiais do pedido

$T_E$  = Tempo de Entrega do pedido

$T_{AM}$  = Tempo de Atravessamento do pedido pela Manufatura

Então a razão:

$$\frac{T_{TA}}{T_{RD}} = \frac{T_C + T_{AM} + T_E}{T_E} > 1 \quad \text{Equação 21}$$

No outro extremo, para empresas que compram materiais sob pedido:

$$\frac{T_{TA}}{T_{RD}} = \frac{T_C + T_{AM} + T_E}{T_E + T_{AM} + T_C} = 1 \quad \text{Equação 22}$$

O objetivo final da excelência operacional é atender ao cliente com a prontidão que dá um bom estoque de bens finais, porém comprando materiais e fabricando sob pedido ( $T_C$  e  $T_{AM} \rightarrow 0$ ), essa é a perfeição. A idéia é pensar em uma relação cada vez menor, dentro da possibilidade do sistema de manufatura, sendo necessários ser cada vez mais e mais rápidos nos tempos de compra, nos tempos de atravessamento e nos tempos de entrega.

Na perspectiva interna é tão importante a rapidez quanto a sincronização dos tempos de ciclos dos processos técnicos com o tempo *takt* do cliente. *Takt* é uma palavra alemã que se refere a um intervalo preciso de tempo, sendo o tempo que ditará o ritmo do sistema de manufatura para atender à demanda do cliente. Slack *et alli* (1997) chamam a este tempo de tempo de ciclo da demanda.

$$Takt = \frac{T_{dt}}{D_{Ct}} \quad \text{Equação 23}$$

com:

$T_{dt}$ : tempo de trabalho disponível por turno

$D_{Ct}$ : demanda do cliente por turno

A empresa tem que ter a habilidade de ser rápida, porém não se deve trabalhar mais rápido do que o cliente precisa. Já sincronização sempre é necessária, pois é o fator principal para reduzir o desperdício por excesso de produção. Por isso cuidado com a rapidez, se acima do necessário é puro desperdício que vai gerar estoque e exigir aos funcionários, pois nunca será de graça conseguí-la, já que aumentará o desgaste em equipamentos e exigirá novos procedimentos e novos arranjos de trabalho para os funcionários.

No resto da seção se foca na redução dos tempos de atravessamento pelo sistema de manufatura. Para começar uma ilustração sobre o tempo de atravessamento da manufatura e o tempo de agregação de valor a cada peça pode ser útil para entender que normalmente existe muito espaço para melhoria nos tempos de atravessamento praticados nas empresas:

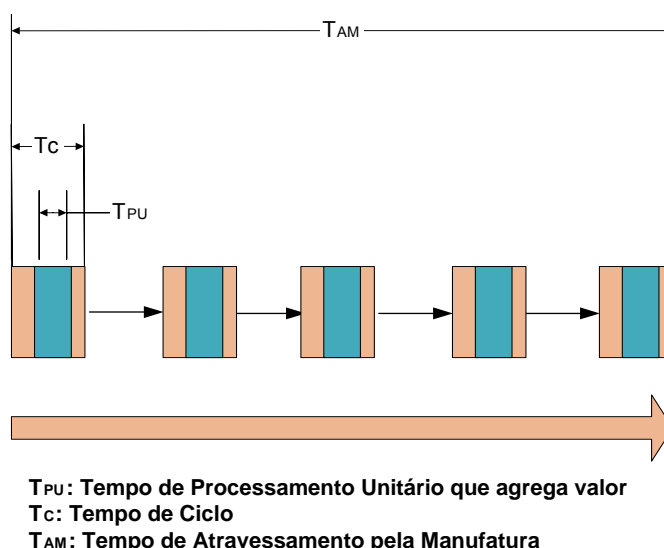


Figura 55. Tempos em um sistema de manufatura. Adaptada Léxico Lean (2003).

$T_{AM} > T_C > T_{PU}$  e geralmente  $T_{AM} \gg T_{PU}$ . Eis o problema. A relação entre  $T_{PU}$  e  $T_{AM}$  é uma medida de desempenho que traz muita informação sobre a eficiência e agilidade da manufatura, é a Eficiência de Ciclo da Manufatura – ECM – que pode ser calculada como:

$$ECM = \frac{T_{PU}}{T_{AM}} \quad \text{Equação 24}$$

O tempo de processamento unitário desta equação considera como uma única variável a fabricação e a montagem, já que ambos são processos usados na manufatura de bens.

Infelizmente, o tempo de atravessamento pela manufatura tem outros tempos dados pelos tempos de *setup*, tempos de movimentação, tempos de inspeção e tempos de espera em fila do lote, além de outros imprevistos como quebra de máquinas, falha nos procedimentos, etc:

$$T_{AM} = T_p + T_s + T_m + T_i + T_f + C_t \quad \text{Equação 25}$$

onde:

$T_p$  = Tempo de processamento de lote;

$T_s$  = Tempo de *setup* ou preparação e ajuste dos equipamentos;

$T_m$  = Tempo de movimentação de materiais;

$T_i$  = Tempo de inspeção;

$T_f$  = Tempo de espera em fila de lote;

$C_t$  = Outros tempos. Ex.: tempo de falha de máquina.

Note-se que  $T_{PU}$  não necessariamente é igual a  $T_p$  já que este último considera os tempos em que implica o processamento em lotes.

Então:

$$ECM = \frac{T_{PU}}{T_p + T_s + T_m + T_i + T_f + C_t} \quad \text{Equação 26}$$

Este indicador variará entre (0; 1) e a meta máxima será 1, apenas alcançável se o lote de transferência for unitário e são eliminados os outros tempos que não agregam valor ao bem. De fato o valor de 1 não será nunca alcançado na prática apesar de possível para esta equação, a partir do momento que por mais rápido que se seja o tempo de movimentação não pode ser eliminado completamente. Por isso aparece parêntese no intervalo e não colchete. Esta é a medida a ser melhorada quando se quer diminuir o tempo de atravessamento, o alvo é conseguir tempo de atravessamento da peça igual ao tempo de processamento unitário. Desta forma diminui também o estoque em processo – WIP, pois sabe-se que existe uma relação direta entre o tempo de atravessamento e o estoque em processo, conhecida como Lei de Little:

$$T_{AM} = \frac{WIP}{t_p} \quad \text{Equação 27}$$

onde:

WIP: estoque em processo do pedido – do inglês *work-in-process*;

$t_p$ : taxa de produção do sistema de manufatura

Substituindo a equação 24 na equação anterior se tem:

$$\frac{T_{PU}}{ECM} = \frac{WIP}{t_p} \quad \text{Equação 28}$$

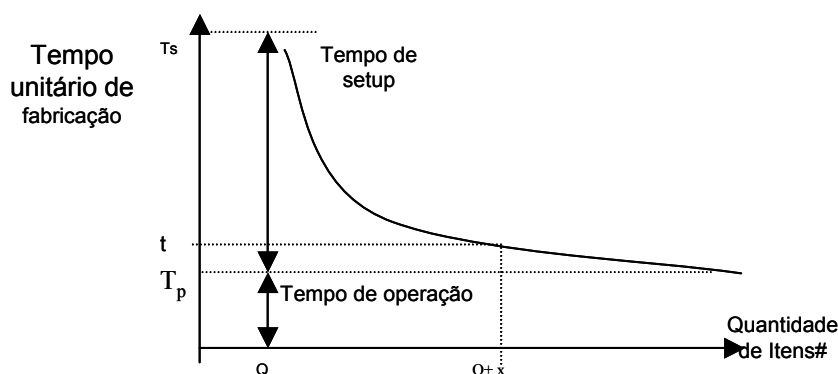
então:

$$WIP = \frac{T_{PU} \cdot t_p}{ECM} \quad \text{Equação 29}$$

Esta relação mostra que quanto mais perto o ECM esteja de 1 menor será o WIP do sistema. Esta equação também mostra que o valor inicial de ECM é muito importante para avaliar o potencial de melhoria de se trabalhar no aumento da eficiência de ciclo, pois o WIP varia em forma exponencial negativa com esta medida.

Para poder terminar de explicar este importante conceito de ECM é necessário falar das implicações do tamanho dos lotes de transferência no tempo de atravessamento da manufatura. Este conceito é a base do *JIT – Just-In-Time* – japonês e é muito bem explicado por Shingo em seu livro sobre sistemas de produção com estoque zero (1988).

O fato é que a manufatura em lotes sempre foi considerada benéfica porque ajuda a diluir o tempo de preparação e ajuste dos equipamentos. A esta idéia corresponde o cálculo de lote econômico de produção LEP.



**Figura 56. Tempo aparente de fabricação. Fonte: Lucero (2001).**

Este tempo unitário de fabricação é chamado por Shingo (1988) de tempo aparente de produção. Equacionando isto:

$$T_{af} = T_{PU} + \frac{T_s}{Q_{lt}} \quad \text{Equação 30}$$

com

$T_{af}$ : tempo aparente de fabricação

$Q_{lt}$ : quantidade de peças no lote de transferência

Quanto mais peças no lote sendo processado mais próximo o tempo aparente de operação ao tempo de processamento unitário, pois o tempo de preparação e ajuste se dilui em todas as peças que se fabricam depois de iniciar a fabricação. O problema é que para aproveitar o *setup* da máquina tem que se processar todo um grande lote e para isso as empresas chegam até esperar pela formação de grandes lotes agrupando pedidos, aumentando assim o tempo de atravessamento pelo sistema de manufatura. E isto se torna mais preocupante na medida que mais processos técnicos existam no sistema de manufatura.

Equacionando, quando se processa em um fluxo contínuo – situação 1 – o tempo total de atravessamento teórico para um fluxo balanceado é com transferência unitária Shingo (1988):

$$T_{AM1B} = T_P + (N_p - 1) \cdot T_{pu} \quad \text{Equação 31}$$

e para um fluxo desbalanceado:

$$T_{AM1D} = T_{PG} + \sum_{\text{Processos Restantes}} T_{PU} \quad \text{Equação 32}$$

com:

$T_{PG}$ : Tempo de processamento total no processo gargalo;

$\sum_{\text{Processos Restantes}} T_{PU}$  : Somatória de tempos unitários dos processos restantes.

Já, processando com transferência em lotes:

$$T_{AM2} = T_P \cdot N_p \quad \text{Equação 33}$$

Note-se que se  $N_p$  (número de processos técnicos no fluxo de materiais) é igual a 1 os tempos de atravessamento se igualam.

Comparando para um lote de 50 peças, em um sistema de 7 processos técnicos com um tempo médio por processo para o lote de 50 minutos, ou 1 minuto por peça:

**Tabela 7. Comparação entre processamento em lote e transferência unitária para fluxo balanceado. Adaptada Shingo (1988).**

Balanceado	$T_{PU}$ (min)	$T_P$ (min)	$N_p$	Lead time (min)
Situação 1	1	50	7	56
Situação 2	1	50	7	350

Uma redução de 84% desde a situação 2 para a 1. Ou um aumento de 525% para passar da situação 1 à 2.

Já para o caso desbalanceado, com um gargalo de 10 minutos em um dos processos e os outros em 1 minuto, isto é 16 minutos de tempo total de processamento:

**Tabela 8. Comparação entre processamento em lote e transferência unitária para fluxo desbalanceado. Elabora pelo autor.**

Desbalanceado	T <sub>PU</sub> (min)	T <sub>PG</sub> (min)	Np	Lead time (min)
Situação 1	10 no gargalo – 1 no resto.	500	7	506
Situação 2	10 no gargalo – 1 no resto	500	7	800

Uma redução de 37% desde a situação 2 para a 1 desbalanceada. Isto mostra também a importância de balancear as operações. Um gargalo prejudica mais uma manufatura com transferência unitária que uma manufatura com transferência em lotes maiores, pois como bem notado por Ohno, os estoques ocultam problemas de todo tipo, neste caso problema de balanceamento.

Como condições locais podem impossibilitar fluxo contínuo, embora este seja o objetivo fundamental que deve perseguir a gerência industrial, as vezes é necessário trabalhar com um lote de transferência maior do que 1. O tamanho deste lote deve ser o menor possível, sendo muito útil pensar este lote como conteúdo de trabalho medido em tempo. Esse conteúdo de trabalho é simbolizado como  $T_p$  e é conhecido como ***pitch*** na terminologia *lean manufacturing*. Pode ser calculado como:

$$T_p = Pitch = Q_{lt} \cdot Takt \approx Q_{lt} \cdot T_{PU} \quad \text{Equação 34}$$

Este tempo *pitch* deve ser entendido como o tempo que se passa até os gestores poderem notar que existe algum problema no fluxo de materiais, e é a unidade básica de transferência para o controle pioneiro do fluxo de materiais da Toyota Co. Este controle é feito sobre o estoque em processamento - WIP, controlando indiretamente desta maneira o tempo de atravessamento pelo chão de fábrica. O relacionamento entre WIP e o  $T_{AM}$  pode ser explicado facilmente pela Lei de Little e é uma diferença substancial sobre o controle tradicional por ordens calculadas com um MRP em um sistema empurrado, que é baseado no controle das taxas de produção em cada centro de trabalho. O estoque é visível, já taxas de produção, por serem velocidades não podem ser apreciadas tão rapidamente pelo ser humano, escapando do controle até dos supervisores experientes. Ademais o controle puxado permite o controle reflexivo do sincronismo entre centros de trabalho, impossível dentro do mecanismo de controle empurrado. Esta sincronização é alcançada com as sinalizações (*kanban*) que impedem a manufatura antes que o processo cliente necessite.

Em resumo, o fator tempo de atravessamento  $T_{AM}$  pode ser medido com diferentes momentos de início e fim, dependendo dos objetivos e dos responsáveis pela medida de desempenho. Além dos diferentes momentos de início e fim se podem tomar como referência a ser medida o pedido de um cliente, os lotes ou peças sendo fabricados:



**Tabela 9. Diferentes formas de medir tempos de atravessamento do sistema de manufatura.**  
**Elaborada pelo autor.**

		<b>Início</b>	<b>Fim</b>
<b>Referência</b>	<b>Pedido</b>	Recebido pela empresa	Recebido pelo cliente
		Programado	Expedido para o cliente
		Expedido ao chão e fábrica	Expedido para almoxarifado
		Matéria-prima pedida	Fim da fabricação
		Início da fabricação	
	<b>Lote</b>	Programado	Expedido para almoxarifado
		Expedido ao chão e fábrica	Fim da fabricação
		Matéria-prima pedida	
		Execução da fabricação	
	<b>Peça</b>	Início da fabricação	Posição intermediária da fabricação
			Fim da fabricação

### 3.3.4 Flexibilidade

Este objetivo de desempenho é o mais recente para sistemas de manufatura, pertence à Era da manufatura enxuta que trouxe consigo profundas mudanças na forma de arranjar e gerenciar os processos técnicos dos sistemas de manufatura. Apesar de que não existe um consenso claro de como definir flexibilidade (de fato não é o mais importante) pode-se dizer que: é a habilidade do sistema de manufatura de responder a circunstâncias variáveis do ambiente ajustando-se em um amplo intervalo de possibilidades, em tempo e economicamente. Esta é uma síntese das definições encontradas nos primeiros artigos sobre flexibilidade como Mandelbaum (1978), Slack (1983) e Gerwin (1987). Analisando a definição se pode ver que além de habilidade para responder à variação deve ser agregada a dimensão tempo para entender que responder à variação é possível, porém será mais flexível uma empresa que seja mais rápida em responder do que outra. E ainda está a resposta econômica, já que deve ser conseguido com o menor custo possível.

Foi Slack (1987) quem contribuiu muito ao desenvolvimento acadêmico deste objetivo de desempenho tal qual é apresentado nesta tese. Em seu artigo *“The flexibility of manufacturing systems”* o autor apresentou os principais conceitos como: que é uma propriedade do sistema determinada pela flexibilidade de seus recursos, as dimensões da flexibilidade, e a importância de contar com maior flexibilidade para responder à variedade do ambiente.

Este objetivo de desempenho apresenta múltiplas dimensões que devem ser reconhecidas porque tem suas implicações para o desdobramento de fatores e medidas de desempenho. Adotando a classificação de Dixon *et alli* (1990) pode-se classificar a flexibilidade em quatro dimensões principais:

**Tabela 10. Dimensões da flexibilidade. Adaptado Dixon *et alli* (1990).**

Dimensões associadas à Qualidade	Materiais – habilidade para se adaptar a diferentes qualidades de suprimentos
Dimensões associadas ao Custo	Habilidade de mudar o mix de recursos (materiais, trabalho e capital) para adaptar-se aos requisitos do mercado presente e futuro.
Dimensões associadas ao Produto	Novos produtos – habilidade para introduzir novos produtos
	Modificações – habilidade para modificar produtos existentes
Dimensões associadas a Serviços	Entrega – habilidade para mudar a produção e/ou as datas de entrega dos produtos para adaptá-las a necessidades de última hora
	Volume – habilidade de variar os volumes de produção período a período
	Mix – habilidade de manufaturar diferentes produtos em um período de tempo sem modificar os processos

Esta classificação agrega as duas primeiras dimensões à classificação original de Slack (1987), sendo assim foi escolhida por ser a mais completa. Em geral, os autores têm trabalhado sobre variações da classificação original, relativamente pouco tem mudado (SLACK, 2005).

A habilidade da empresa para se acomodar a diferentes qualidades de sua matéria-prima pode significar a diferença entre conseguir vender ou não em uma determinada época do ano. Isto é particularmente importante para as indústrias dos setores de agronegócio, têxtil, papel e em geral, para toda indústria de transformação primária.

A habilidade de mudar o mix ou o volume de recursos diz sobre a habilidade de aumentar ou diminuir as horas de trabalho dos operadores e equipamentos, se necessário, no curto e meio prazo, assim como ter a habilidade de mudar a tecnologia do sistema de manufatura no meio e longo prazo como resposta às mudanças do mercado. Esta habilidade é importantíssima para conseguir variar volumes, tempos de entrega e mix de produtos com efetiva diminuição de custos e é uma das prioridades das cadeias de suprimentos *lean*.

A capacidade de introduzir novos produtos rapidamente e a baixos custos é uma necessidade para as indústrias que trabalham com produtos pouco complexos e com alta incerteza do mercado.

A habilidade de modificar as datas de entrega ou as ordens de produção é notória nas empresas que fabricam seguindo os princípios da manufatura enxuta e, portanto, utilizam sistema puxado como método de controle de seu fluxo de materiais. Adaptar-se a mudanças de volume provavelmente repercutirá em presença de estoques até nos sistemas de manufatura enxutos, no entanto podem ser mantidos em níveis mínimos. A outra cara da mesma moeda é que a pressão por uma operação com menos estoque e, portanto, que empate menos dinheiro no seu dia-a-dia, pressiona por mais e mais flexibilidade. Para ter um *mix* variado de produtos sem prejudicar o fluxo de materiais no sistema de manufatura as chaves são a modularização dos produtos, os tempos de preparação e ajustes reduzidos e o nivelamento do *mix* de bens manufaturados no sistema de manufatura como proposto pela manufatura enxuta.

Modularização requer um grande trabalho de engenharia simultânea de pessoas da manufatura junto a pessoas de desenvolvimento de novos produtos e de vendas. Esta prática junto a segmentação de operações para trabalhar com flexibilidade apenas onde necessário, são ativamente usadas atualmente segundo SLACK (2005).

Analisando as chaves para a flexibilidade se observa grande confluência com o modelo de “flexibilidade rígida” de Collins e Schmenner (1993) que basicamente mantém a premissa de que pré-requisitos para a flexibilidade são disciplina e simplicidade do sistema de manufatura. Flexibilidade entendida como foco em alcançar os requisitos especiais do mercado como customização de produtos, características adicionais ao produto, curtos prazos para desenvolvimento de produtos e critérios de entrega, por exemplo.

Flexibilidade rígida porque requer disciplina por meio de procedimentos claros para o projeto de engenharia simultânea de novos produtos, a operação e manutenção de processos simples, assim como no projeto de rígidos procedimentos de trabalho que devem ser seguidos disciplinadamente pela força de trabalho.

Simplicidade é relativa aos fluxos de informações, materiais e pessoas. Os caminhos têm que ser claros e unívocos. Esta é a melhor maneira de que uma força de trabalho disciplinada possa executar no *gemba* os requisitos de flexibilidade dos clientes.

Disciplina e força de trabalho bem treinada é então a arma mais poderosa para a flexibilidade rígida, já que pode ser traduzida como flexibilidade futura para adaptação tranqüila a novos tipos de demanda. Isso já foi dito por Ohno (1990) e Shingo (1988).

Collins *et alli* (1998) mostram uma evidência empírica de que simplicidade e disciplina estão relacionadas significativamente sobre uma amostra de 800 empresas pertencentes a cinco países de Europa: Alemanha, Holanda, Suíça, Grão Bretanha e Finlândia. O banco de dados é do estudo Made in Europe que hoje já está presente em 34 países do mundo, inclusive Brasil, e já foi apresentado na revisão bibliográfica e no capítulo anterior. Interessante notar que quando os autores desdobraram a **simplicidade** em variáveis e fatores de análise apareceram como fatores a manufatura *lean* e a atitude *lean*. Já quando se fez o mesmo com **disciplina** apareceu o desperdício, a capacidade dos processos técnicos e em geral a gestão da qualidade.

Para este autor essas são todas dimensões da manufatura *lean* e por isso o modelo da flexibilidade rígida poderia ser renomeado como o modelo da flexibilidade *lean*. Este modelo de flexibilidade é o modelo de flexibilidade proposto como parte do modelo de referência desta tese.

Com a introdução conceitual realizada já se podem apresentar medidas de desempenho que ajudarão a dimensionar a flexibilidade do sistema de manufatura. O principal fator de desempenho da flexibilidade (interna – excelência operacional) é a quantidade de diferentes produtos finais montados ou fabricados no processo final do sistema de manufatura em um período de tempo determinado – TPT: (de toda peça todo, quanto menor melhor). Este conceito pode ser medido em todos os processos do sistema de manufatura, e para isso será necessário diminuir os tempos de *setup*. O segundo fator importante para a flexibilidade é o nivelamento dos lotes entre diferentes processos técnicos, em particular a diferença entre o processo mais

próximo do cliente e os processos a montante, normalmente projetados para fabricar em grandes lotes. Daqui se devem desdobrar as principais medidas para a flexibilidade.

Outras medidas que monitorem os tempos gastos para aumentar a taxa de produção, ou para mudar *mix* de produtos podem ser utilizadas também.

Já na perspectiva externa é importante medir a quantidade de diferentes itens que está sendo oferecida ao cliente, somado à quantidade de pedidos atendidos desde o estoque, quanto se programa por previsão e até quantas ordens são mudadas uma vez o programa estabelecido. Esta última medida apesar de muitas vezes ser proclamada como sinônimo de flexibilidade por parte das gerências é uma alerta porque normalmente se incorre em custos elevados em dinheiro e em motivação dos funcionários, impactando o fluxo de materiais de uma maneira difícil de dimensionar. Ter mais mudanças sobre o programa original é negativo e não deve ser visto como sinônimo de flexibilidade, já que não acontece em forma econômica.

Este objetivo de desempenho merece alguns cuidados especiais. Primeiramente, deve-se tomar cuidado com a separação entre interna e externa, a flexibilidade é uma só e deve manifestar-se externamente e internamente pela própria definição. A separação é apenas para fins de classificação dos fatores relevantes para este objetivo.

Este objetivo de desempenho deve ser tratado com cuidado quando se definem estratégias e se tomam decisões sobre compra de tecnologia de processamento. Existem evidências de que a tecnologia de processos que a empresa dispõe pode gerar sérias restrições à flexibilidade e fazer com que se aumentem os custos operacionais. Em geral, quanto mais automação menos flexibilidade. Hayes e Wheelwright (1984) desenvolvem amplamente esta solução de compromisso em sua matriz produto-processo.

No entanto, as condições tecnológicas podem ser melhoradas no médio e longo prazo, com soluções que permitam melhorar a flexibilidade dos sistemas de manufatura sem piorar os outros critérios de desempenho. Uma forma adequada é a substituição de máquinas caras projetadas para grandes escalas e com tecnologia fechada por máquinas simples e com tecnologia dominada. Deve-se levar em consideração que automatizar pode ser benéfico, porém deve ser feito quando todos os ganhos “manuais” possíveis foram realizados.

Em síntese, a flexibilidade exige de sincronização das operações com disciplina e simplicidade como pré-requisito. A manufatura *lean* é a filosofia de manufaturar que mais contribuiu ao desenvolvimento deste objetivo de desempenho, trazendo também inúmeras técnicas que possibilitaram e possibilitarão a flexibilidade das empresas.

### 3.3.5 Produtividade, eficiência e eficácia – Redução de custos de transformação

A discussão sobre produtividade é necessária já que está associada diretamente a redução de custos de transformação e é uma das medidas de desempenho mais usadas e menos entendida na prática industrial. Este autor considera que também não se presta atenção e o suficiente cuidado por parte da pesquisa em medição de desempenho quando se escreve sobre

produtividade. Nesta seção primeiramente discutir-se-á sobre produtividade para depois inserir os conceitos de eficiência e eficácia.

Produtividade é uma medida tradicional para sistemas de manufatura que relaciona os resultados de um processo de transformação com os recursos gastos para produzi-los. Qualquer processo pode ser ponderado pela sua produtividade e por isso é usado tanto por engenheiros, como administradores e economistas, sendo considerado com os mais diversos escopos. Assim existe produtividade das nações, das regiões, das corporações, dos comércios, das empresas, dos sistemas de manufatura e de seus processos técnicos.

Bernolak (1997) fornece uma síntese muito adequada sobre o que deve ser considerado produtividade: significa quanto e quão bem se produz a partir de recursos utilizados. Sendo produzidos mais ou melhores produtos dos mesmos recursos utilizados, se incrementa a produtividade. Ou sendo produzidos os mesmos produtos com menos recursos também se aumenta a produtividade. No primeiro caso baseado em aumento de eficácia e no segundo baseado em aumento de eficiência.

Equacionando produtividade se tem em geral:

$$Pr odutividade = \frac{Re sultadosAtuais}{Re cursosConsumidos} \quad \text{Equação 35}$$

A medida de produtividade parcial mais usada nas empresas é a relação entre quantidade produzida vs. horas homens de trabalho:

$$Pr odutividade(Re cursoHumano) = \frac{Quantidade Pr odutos}{HorasHomem} \quad \text{Equação 36}$$

Tem que se ressaltar que esta é apenas uma das formas parciais de medir produtividade, pois existe mais de um tipo de resultado de interesse e muito mais de um tipo de recurso de produção em jogo. A medida de produtividade tem que ser calculada em função de volumes produzidos no sistema de manufatura, pois quando se agrega o valor de mercado ou custos monetários de insumos (que estão ditados pelo mercado) se tem uma medida de lucratividade, similar à produtividade, mas incorporando as variações de preço dos produtos e recursos ditados pelo mercado. Medidas usuais de lucratividade são o faturamento por hora de trabalho:

$$Lucratividade(Re cursoHumano) = \frac{Faturamento}{CustoHorasHomem} \quad \text{Equação 37}$$

E também:

$$Lucratividade = \frac{Faturamento}{Custos} \quad \text{Equação 38}$$

Em resumo:

$$Lucratividade = \frac{Re\ sultados\ Atuais \cdot Valor\ Unitário\ Atual}{Re\ cursos\ Consumidos \cdot Custo\ Unitário\ Atual} \quad \text{Equação 39}$$

Lucratividade então oculta a produtividade e não deve ser confundida com esta. Por outro lado a relação entre lucratividade e produtividade deve ser levada em consideração porque tirando completamente da equação as quantidades que os clientes estão dispostos a comprar se pode ser muito “produtivo” criando muito estoque. Essa é a principal causa da má fama que a medida produtividade tem nos dias atuais. No entanto, produtividade é importante e deve ser medida. Se bem feita a medição, considerando que é um vetor e que deve se produzir apenas o que o cliente quer torna-se a principal medida para a excelência operacional interna, podendo ser chamada de Produtividade Total Responsável dos Fatores.

A proposta de Hayes *et alli* (1988) para contornar o problema de calcular a produtividade total, *a priori* é um vetor com escalas parciais diferentes, é monetarizar todos os recursos gastos em uma base comum de cálculo fixada no último período analisado, limpando assim o ruído do preço de mercado. A pergunta a responder é: alcança com calcular a produtividade respeito de algumas das entradas de recursos? Alcança com o cálculo de uma produtividade parcial?

A resposta é não! Pelo menos não para os gestores do sistema de manufatura. No entanto sabe-se que é muito útil calcular a produtividade parcial especificamente para melhorias parciais de processos técnicos. O cálculo de produtividade total é melhor explicado por meio de um exemplo para um produto hipotético “A” onde os recursos se apresentam divididos em materiais, energia, trabalho, equipamentos e capital.

Então, o **1º passo**: é calcular os valores unitários baseados no mesmo período de tempo para corrigir as distorções causadas pelo preço de mercado.

**Tabela 11. Valores unitários. Adaptada Hayes *et alli* (1988).**

	Unidades de produto A		Preço base (período 2)	Inputs e outputs com preço base	
	Período 1	Período 2		Período 1	Período 2
<b>Produtos:</b>	350	700	R\$ 5,000.00	R\$ 1,750,000.00	R\$ 3,500,000.00
<b>Recursos:</b>					
Materiais (Kg)	1026	2052	R\$ 500.00	R\$ 513,000.00	R\$ 1,026,000.00
Energia (KWh)	2500	3000	R\$ 18.00	R\$ 45,000.00	R\$ 54,000.00
Trabalho (hrs)	1894	947	R\$ 320.00	R\$ 606,080.00	R\$ 303,040.00
Equipamentos (hrs)	2000	2000	R\$ 270.00	R\$ 540,000.00	R\$ 1,620,000.00
Capital (R\$)				R\$ -	R\$ -
<b>Total Recursos</b>				R\$ 1,704,080.00	R\$ 3,003,040.00

**2º passo:** Calcular o fator de produtividade total – FPT:

**Tabela 12. Cálculo da Produtividade Total. Adaptada Hayes et alli (1988).**

	Unidades de produto A		Produtividade (output/input)		Taxa de crescimento da produtividade
	Período 1	Período 2	Período 1	Período 2	
<b>Produtos:</b>	R\$ 1,750,000.00	R\$ 3,500,000.00	1.00	1.00	0%
<b>Recursos:</b>					
Materiais (Kg)	R\$ 513,000.00	R\$ 1,026,000.00	3.41	3.41	0%
Energia (KWh)	R\$ 45,000.00	R\$ 54,000.00	38.89	64.81	67%
Trabalho (hrs)	R\$ 606,080.00	R\$ 303,040.00	2.89	11.55	300%
Equipamentos (hrs)	R\$ 540,000.00	R\$ 1,620,000.00	3.24	2.16	-33%
Capital (R\$)	R\$ -	R\$ -			
<b>Total Recursos</b>	<b>R\$ 1,704,080.00</b>	<b>R\$ 3,003,040.00</b>	<b>1.03</b>	<b>1.17</b>	<b>13%</b>

**3º passo:** análise de lucratividade:

**Tabela 13. Cálculo da lucratividade das operações. Adaptada Hayes et alli (1988).**

	Unidades de produto A		Valores do período 1 baseados no período 2	Crescimento real em output	Uso físico equivalente do período 2 com produtividade do período 1
	Período 1	Período 2			
<b>Produtos:</b>	R\$ 1,610,000.00	R\$ 3,500,000.00	R\$ 1,750,000.00	2.00	R\$ 3,500,000.00
<b>Recursos:</b>					
Materiais (Kg)	R\$ 471,960.00	R\$ 1,026,000.00	R\$ 513,000.00	2.00	R\$ 1,026,000.00
Energia (KWh)	R\$ 41,400.00	R\$ 54,000.00	R\$ 45,000.00	2.00	R\$ 90,000.00
Trabalho (hrs)	R\$ 557,593.60	R\$ 303,040.00	R\$ 606,080.00	2.00	R\$ 1,212,160.00
Equipamentos hrs)	R\$ 496,800.00	R\$ 1,620,000.00	R\$ 540,000.00	2.00	R\$ 1,080,000.00
Capital (R\$)	R\$ -	R\$ -	R\$ -		
<b>Total Recursos</b>	<b>R\$ 1,567,753.60</b>	<b>R\$ 3,003,040.00</b>	<b>R\$ 1,704,080.00</b>	<b>2.00</b>	<b>R\$ 3,408,160.00</b>
Lucro	R\$ 42,246.40	R\$ 496,960.00	R\$ 45,920.00		R\$ 91,840.00

Assim, analisando a última tabela pode se ver que houve aumento de preços no período de análise já que o preço total dos resultados é menor que o calculado com o preço base do segundo período (R\$ 1.750.000 > R\$ 1.610.000). E, em geral:

**Tabela 14. Resumo da análise de produtividade e lucratividade. Adaptada Hayes et alli (1988).**

Mudança Total	R\$ 454.713,60
Mudança por Preço	R\$ 3.673,60
Mudança por Volume	R\$ 45.920,00
Mudança por Produtividade	R\$ 405.120,00

O campo de capital consumido não foi colocado nesta análise para destacar que realmente é o mais difícil de calcular, pois enquanto que a diferença do trabalho, da energia, das horas de equipamentos e dos insumos desaparecem quando são usados para a transformação, o capital se mantém como um estoque de ativos que o sistema pode usar. Neste campo deve ser considerado o custo de capital do equipamento e também dos estoques de material em uso, além das instalações. Desta forma a produtividade total penalizará o capital empatado em estoques de matéria-prima, produtos finais e em processo, premiando sistemas de manufatura que trabalham seguindo princípios *lean*.

Apesar do fator de produtividade total ter sido exemplificado para um único produto final, seguindo o caminho de Hayes *et alli* (1988), é importante destacar que por ser calculado em uma base monetária de base única, permite medir a produtividade considerando um mix amplo de produtos. No entanto, é necessário tomar cuidado com a introdução de novos produtos que necessariamente fará cair a produtividade nos estágios iniciais da curva de aprendizagem.

De fato, a produtividade é a principal medida de resultado do desempenho do sistema de manufatura e se não está mais disseminada é pela falta de clareza conceitual na definição e pela dificuldade de ser calculada realisticamente. A produtividade é uma taxa que leva em consideração não apenas a eficiência do sistema em análise, mas também sua eficácia. É a melhor maneira de saber se os custos estão caindo.

É muito útil distinguir entre produtividade, eficiência e eficácia já que são conceitos pobremente definidos na prática gerencial e acadêmica. Como dito acima, a produtividade é uma taxa que pode aumentar por aumento de eficácia, de eficiência ou dos dois ao mesmo tempo. O aumento ocorre de cinco maneiras diferentes (Misterek *et alli* (1992):

1. Resultados aumentam mais rápido que os recursos; (crescimento gerenciado);
2. Mais resultados dos mesmos recursos (trabalhando inteligentemente);
3. Mais resultados com redução de recursos (ideal);
4. Mesmos resultados com menos recursos (eficiência);
5. Resultados caem, porém recursos caem mais ainda (declínio gerenciado).

Em todos os casos é importante notar que o numerador da equação estará determinado pelo cliente e sempre deve ser observada a lucratividade já que pode cair se for produzido mais do que o mercado espera. Isto é importante de ser reconhecido porque o conceito de economia de escala logicamente se aplica, e isto pode levar a pensar que o importante é aumentar a quantidade de produtos fabricados de tal forma que a unidade de recursos consumidos por produto fabricado seja menor. Isto provavelmente aumentará a produtividade como aqui definida, porém como o cliente pode não aceitar essa quantidade (pelo menos não ao mesmo preço) a lucratividade pode cair.

Então, eficiência diz sobre utilização mínima de recursos para os produtos esperados e afeta primariamente ao denominador da equação da produtividade. Segundo as palavras de Sink e Tuttle (1993) eficiência é fazer certo as coisas. Já eficácia, para os mesmos autores, é fazer as



coisas certas e é inerentemente mais difícil de quantificar (TANGEN, 2005). Eficácia pode ser expressa como o grau com o qual os resultados desejados são alcançados. Isto leva a uma característica da eficácia que explica a dificuldade de quantificá-la: parece não existir limites claros de quão eficaz um sistema de manufatura pode ser. Pois a definição está intimamente relacionada ao valor agregado aos clientes, e quando o cliente entra em cena se perde a capacidade de dimensionar certamente o alvo.

Equacionando:

$$Eficiência = \frac{ReursosEsperadosConsumir}{ReursosConsumidos} \quad \text{Equação 40}$$

e

$$Eficácia = \frac{ReultadosAtuais}{ReultadosEsperados} \quad \text{Equação 41}$$

Portanto, da Eq. 35:

$$Produtividade = \frac{ReultadosEsperados}{ReursosEsperadosConsumir} \cdot Eficácia \cdot Eficiência \quad \text{Equação 42}$$

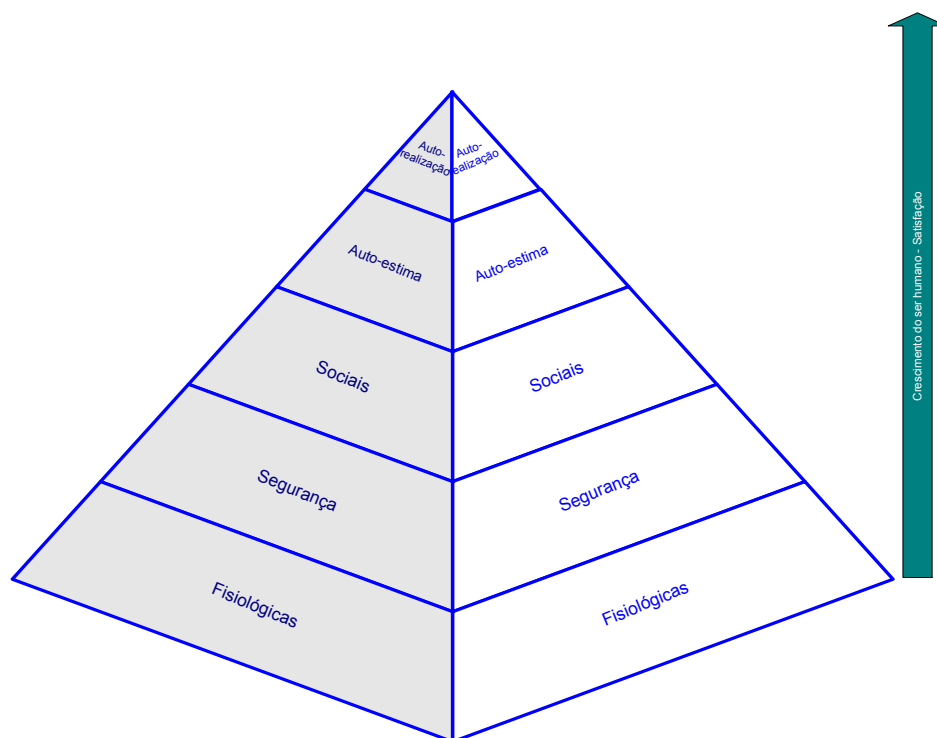
Apesar de que não é tarefa trivial dimensionar cada fator da equação acima, importante é uma análise qualitativa para entender o comportamento da produtividade. A princípio pode-se observar que as mudanças que ocorrem nos fatores têm frequências diferenciadas. Assim no curto prazo se pode melhorar produtividade melhorando eficácia e eficiência. Já em longo prazo podem aumentar os resultados esperados ou diminuir os recursos esperados consumir, também aumentando a produtividade. Este ciclo de meio e longo prazo se dá, sobretudo quando a empresa investe em novas tecnologias.

Por último, é necessário distinguir que produtividade pode ser medida em diferentes níveis hierárquicos do sistema de manufatura. A produtividade total é uma proposta de medição para o sistema de manufatura inteiro, já diferentes processos técnicos podem requerer medidas de produtividade parciais para um determinado projeto de melhoria, sempre focando em um aumento de eficiência ou de eficácia com os recursos já existentes.

### 3.3.6 Satisfação e aprendizagem dos funcionários

Parte-se da premissa de que a obrigação maior dos gestores da empresa é garantir a segurança do trabalho para seus funcionários, para depois investir na melhoria contínua das condições de trabalho e o aumento sustentado de seu poder aquisitivo. E esta é sua primeira responsabilidade social.

A esses fatores higiênicos básicos tem que se agregar o relacionamento social, o reconhecimento e a auto-realização. Neste trabalho satisfação é considerada em uma escala crescente passando pelos cinco estágios da pirâmide de Maslow (Figura 57):



**Figura 57. Relação Pirâmide de Maslow vs. Satisfação. Elaborada pelo autor.**

Realmente as idéias de Maslow não estão ultrapassadas e suas premissas são as que devem guiar à gestão do sistema de manufatura:

1. Todas as pessoas têm um estado normal de insatisfação e alcançam satisfação de vez em quando;
2. Se o grupo passa muito tempo motivado então o indivíduo tem mais chances de estar motivado;

Assim medir satisfação ganha sentido quando medido para um grupo de funcionários e não apenas através de uma única pessoa que pode estar satisfeita hoje e insatisfeita amanhã (CAMPOS, 1992). Empresas costumam medir a satisfação de seus funcionários por meio de pesquisas de satisfação periódicas e isto é uma boa prática. O problema desta medição de resultado é que tem uma freqüência baixa de coleta e então pode não se apresentar na freqüência adequada para os gestores, não ajudando a direcionar ação no tempo que deveria. Assim se podem usar outras medidas como faltas por doença e absenteísmo, e quadro de estado dos funcionários, todos com o objetivo de ter uma medição da tendência da satisfação dos funcionários.

A recomendação é para ter uma família de medidas que mostrem um quadro geral da situação, junto com muito corpo a corpo (insubstituível) na gestão da rotina. Motivação não pode ser uma tarefa para o departamento de recursos humanos, essa é a melhor maneira de que tudo saia errado. Motivação se define no dia-a-dia do trabalho, nas unidades básicas gerenciais. Porém, como conseguir essa motivação na rotina? Como fugir da burocratização da estrutura organizacional e dar o poder aos operadores e não às hierarquias superiores? Como ser rígido e flexível ao mesmo tempo?

A resposta também pode ser encontrada nas práticas da Toyota Co. Segundo Adler (1999) *apud* Liker (2004) que estudou extensivamente as práticas da NUMMI<sup>11</sup> a simples vista pode parecer que a Toyota trabalha segundo os mesmos princípios burocráticos coercitivos esboçados por Taylor nos primórdios do século passado. Porém a Toyota que tem uma estrutura técnica burocrática tem uma estrutura social que não pode ser chamada de coercitiva e sim de “possibilitadora” segundo o mesmo autor.



**Figura 58. Estrutura técnica vs. Estrutura social da empresa. Adaptada Liker (2004).**

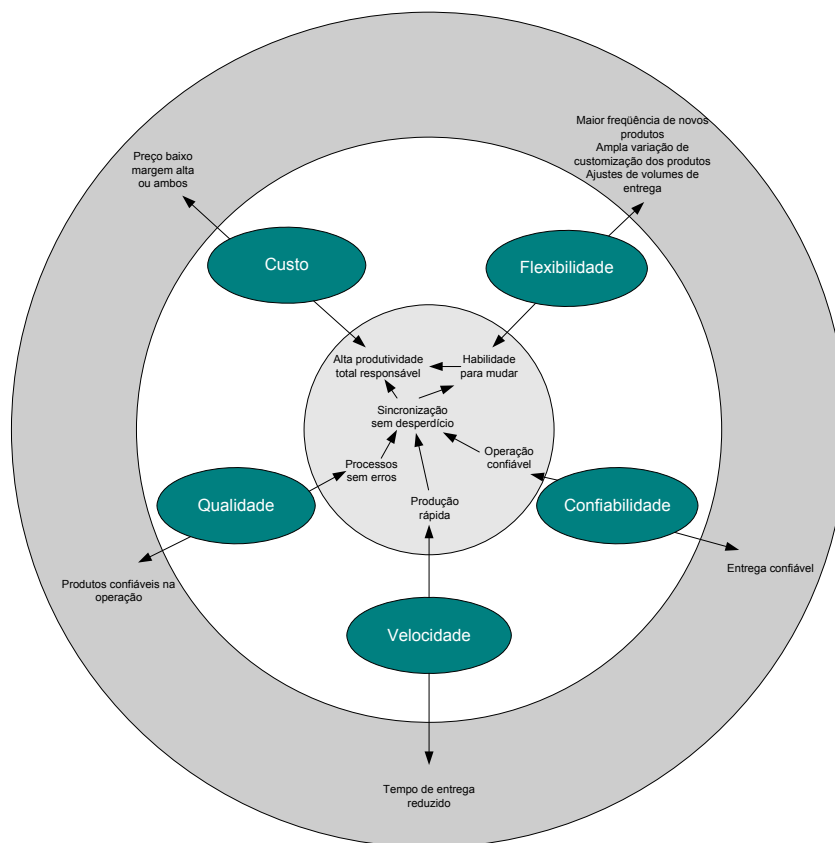
Então é esse o segredo do *empowerment* da Toyota?

A questão da aprendizagem deve ser considerada uma condição para a auto-realização, essa aprendizagem tem que ser muito prática para trazer um rápido crescimento na aprendizagem organizacional. Aqui se aplica o mesmo conceito que para a satisfação. O indivíduo, colocado em um ambiente com alto conhecimento, tem muitas mais chances de apreender do que em um ambiente de baixo conhecimento. Então, apesar de que resulta mais fácil medir o conhecimento de cada indivíduo, ele tem que ser pensado como uma medida do conhecimento do conjunto.

<sup>11</sup> Famoso *Joint Venturi* entre a Toyota e a GM que deu material para mais de um estudo famoso em gestão.

### 3.4 Alinhando eficácia externa e excelência operacional interna

Felizmente o desdobramento estratégico (externo) e a excelência operacional (interna) se complementam, desde que uma estratégia de negócios bizarra não exija do sistema de manufatura desempenhos que não possa obter no curto prazo e deteriore assim seu desempenho interno. Os dois desdobramentos podem ser representados em um único modelo utilizando os cinco objetivos de desempenho do modelo de Slack *et alli* (1997):



**Figura 59. Objetivos de desempenho e suas dimensões externa e interna. Adaptada Slack *et alli* (1997).**

Então, os cinco objetivos de desempenho devem ser o elo natural entre a dimensão interna para a excelência operacional e a dimensão externa para atender a estratégia da empresa. Os dois desdobramentos foram apresentados por separado apesar de ter um elo comum nos objetivos de desempenho porque como se mostrou, diversos elementos influenciam a formação da estratégia e a decisão sobre os fatores competitivos externos que o sistema de manufatura deve alcançar. Já o caminho da excelência operacional interno pode ser tratado independentemente da estratégia externa para o sistema de manufatura, pois contém uma estratégia embutida de redução de custos, melhoria na entrega e aumento da flexibilidade. Assim, qualquer estratégia que contemple redução de custos pelo aumento da produtividade responsável e flexibilidade de volume e *mix* se beneficiará da excelência operacional.

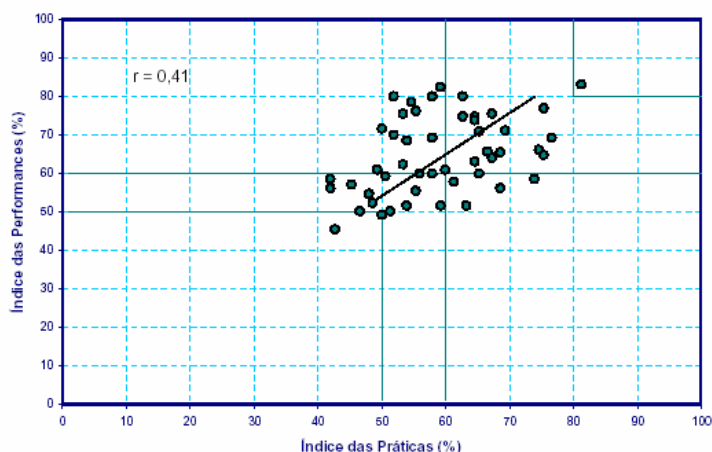
Por isso, a proposta desta tese é que a mais importante das duas dimensões é a excelência operacional interna, sozinha levará a melhores desempenhos externos. A estratégia externa, se

bem desenvolvida, ajudará a determinar quais os critérios externos mais relevantes para o momento da empresa e do sistema de manufatura, tornando-o mais eficaz no atendimento dessas necessidades, porém deve estar alinhada com a excelência operacional interna no sentido de não deturpá-la. Dito de outra maneira, a estratégia tem que respeitar os requisitos para a excelência operacional interna que levarão ao sistema de manufatura à excelência operacional. Considera-se que às vezes é melhor que falte o plano estratégico para a manufatura dada a sua escassa clareza conceitual e o claro impacto negativo que terá para a empresa. Lembrar que em gestão muitas das vezes o desempenho melhora antes de piorar e que os problemas de hoje vem das soluções de ontem (SENGE, 2002).

A principal evidência de que excelência operacional leva a resultados superiores em desempenho estão dados pela Toyota Motor Co.: “A incrível consistência do desempenho da Toyota é um resultado direto de sua excelência operacional” (LIKER, 2004). Outras evidências empíricas de que investimentos na excelência operacional levam a melhoria no desempenho dos sistemas de manufatura além do já célebre caso da Toyota são os dos dados de *benchmarking* apresentados em Womack *et alli* (1990), trabalhos como o de Collins *et alli* (1998) e estudos de *benchmarking* como os desenvolvidos por Seibel (2004) para a indústria catarinense e o programa PMPEI – Programa de Melhores Práticas para a Excelência Operacional – atualmente em andamento no IEL/SC. Estes estudos mostram a importância da excelência operacional não porque um mero conjunto de práticas esteja dando resultados e mostrando desempenhos superiores nas empresas que as aplicaram, e sim porque as práticas que avaliam a empresa estão relacionadas causalmente e propõem todas juntas uma melhoria em todos os cinco objetivos de desempenho ao mesmo tempo baseados em práticas de excelência operacional interna. Sendo assim, dos três paradigmas de Voss (1995 e 2005) o terceiro: **a busca de práticas promissoras** que levem a melhores desempenhos parece estar oferecendo os maiores resultados e para Voss (2005) está efetivamente crescendo.

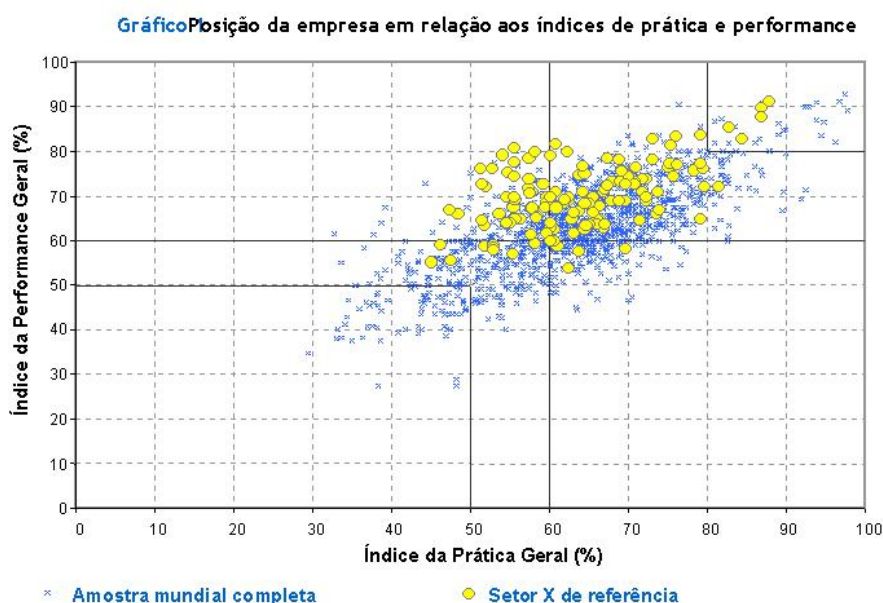
Para comprovar a hipótese central de seu trabalho Seibel (2004) utiliza a hipótese secundária de que “nas empresas brasileiras exportadoras, assim como nas européias, a aplicação de melhores práticas leva à obtenção de performance produtiva superior”. Isso porque o modelo de benchmarking Made in Europe do sistema produtivo Classe Mundial se baseia na hipótese de que a adoção de melhores práticas por uma empresa leva à obtenção de performance operacional superior (VOSS e BLACKMON, 1993; HANSON e VOSS, 1995).

Então, uma correlação positiva e significativa entre práticas e performances pode trazer uma luz sobre o assunto. Essa hipótese foi confirmada no estudo realizado a partir dos dados do banco de dados internacional resultante da aplicação do modelo de benchmarking do sistema produtivo classe mundial em empresas de cinco países europeus: Inglaterra, Alemanha, Suíça, Finlândia e Holanda. Seibel (2004) encontrou um *r* de Pearson para as empresas pesquisadas no Brasil de 0,41. A Figura 60 mostra o gráfico de correlação entre práticas e performances do banco de dados MIB com 51 empresas catarinenses.



**Figura 60. Correlação para o banco de dados MiB. Fonte: Seibel (2004)**

Esses dados podem não parecer tão evidentes porém é significativo para  $\alpha=0,01$  dada a quantidade de empresas que participaram do banco (SEIBEL, 2004). Atualmente (fevereiro de 2006) o banco de dados mundial do PMPEI conta com 1268 unidades operacionais de empresas de 34 países e o coeficiente  $r$  de Pearson é de 0,7; o qual indica que existe uma correlação significativa estatisticamente entre práticas e performances para o banco de dados e que as práticas explicam quase o 50% do comportamento do desempenho da amostra.



**Figura 61. Gráfico de dispersão do banco de dados PMPEI atual. Fonte: IEL/SC.**

### 3.4.1 A força da excelência operacional

O objetivo de desempenho custo foi abordado duas vezes nesta seção, a primeira na análise dos custos da não qualidade e a segunda quando tratada a produtividade do sistema de manufatura. No entanto, pode parecer que foi abordado lateralmente no trabalho e não é assim,

de fato é o mais importante objetivo de resultado da excelência operacional interna. Neste trabalho custo é abordado por meio da produtividade responsável. O raciocínio é simples: aumentado a produtividade total responsável dos fatores diminui o custo por unidade produzida.

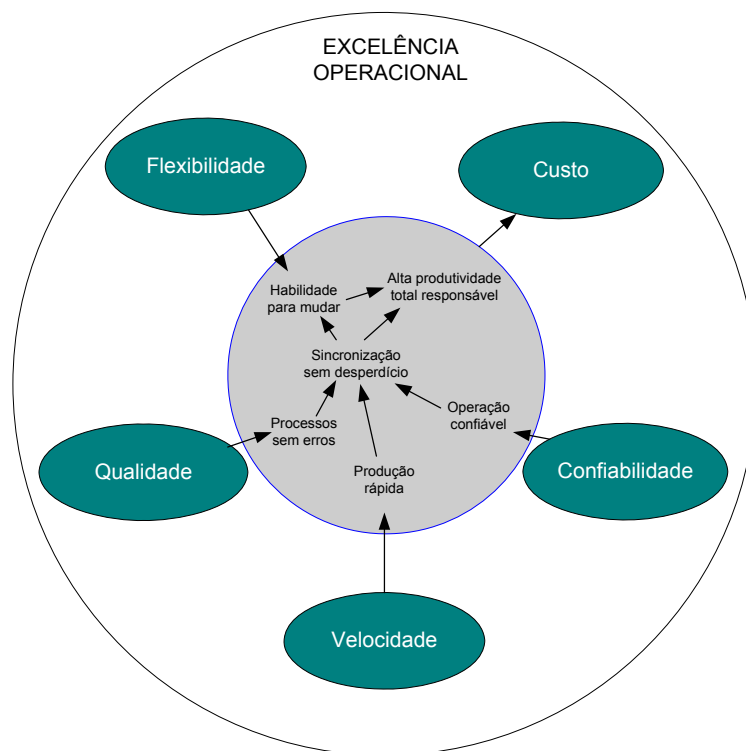
De uma maneira geral a gerência industrial terá que pensar e melhorar os custos de materiais, funcionários, planta e equipamentos. Além de outros menores como serviços, insumos administrativos, etc. A importância relativa destes custos ditará quais os recursos que deverão ter prioridade de redução.

No entanto, a proposta de excelência operacional desta tese é que todos os outros objetivos de desempenho influenciam o custo e assim se pode chegar a uma redução de custo sustentável que pode ser medido pela produtividade total. Sistemas de manufatura com alta velocidade reduzem o nível de estoque em processo reduzindo o custo financeiro dos materiais e os custos administrativos do estoque. Sistemas de manufatura confiáveis permitem reduzir estoques de segurança entre processos internos, não programar com antecedência, não ter que manter estoques de produtos finais e não fabricar produtos com erros por paradas não programadas. Velocidade e confiabilidade juntas são chave para conseguir **sincronização**, eliminando o excesso de produção.

Sistemas de manufatura com alta qualidade não desperdiçam tempo de processamento fazendo produtos defeituosos e garantem montagens isentas de erro devido à baixa variabilidade de seus processos. Isso aumenta produtividade.

Sistemas de manufatura flexíveis se adaptam rapidamente e economicamente a circunstâncias variáveis do mercado. Isto permite uma operação rápida e com alta qualidade para as condições flutuantes e permite um melhor aproveitamento da capacidade instalada, melhorando a produtividade responsável. Flexibilidade é o objetivo de desempenho que permite ao sistema de manufatura produzir o que o cliente necessita na hora que necessita de maneira econômica.

Pelo acima descrito, a excelência operacional interna pode ser sintetizada como a melhora simultânea de todos os objetivos de desempenho, sendo o custo melhorado pela melhora dos outros objetivos (Figura 62):

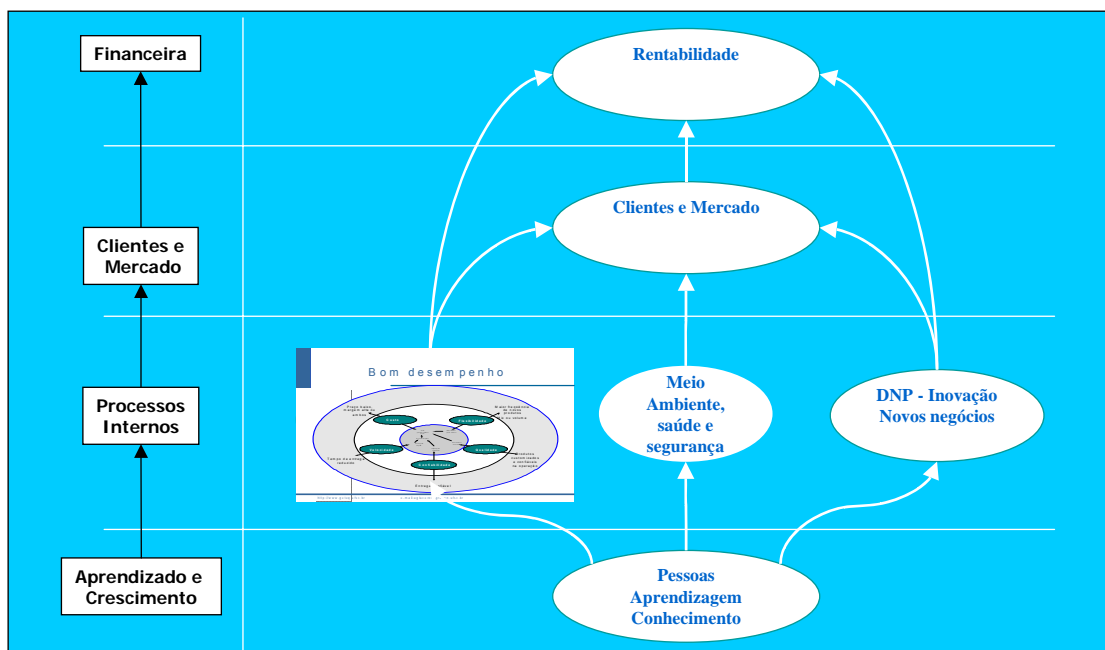


**Figura 62. O custo melhorado pela excelência operacional. Adaptada Slack et alli (1997).**

Trabalhar internamente atingindo a excelência operacional deverá trazer, então, aumento de produtividade responsável e flexibilidade do sistema de manufatura. Isto é uma grande vantagem competitiva, e a flexibilidade cumpre dos papéis principais: ajudar à empresa a se tornar mais responsabilmente produtiva e beneficiá-la de ganhar uma margem maior por produto vendido ou reduzir o preço com margem igual à das suas concorrentes; e permitir atender cada vez mais diferentes tipos de exigências do mercado e diferentes mercados. Fazendo analogia com o corpo humano, desenvolvendo musculatura para enfrentar diferentes competições.

Sabe-se que atualmente os gestores de empresas estão preocupados em áreas além da financeira para assegurar o sucesso em longo prazo. Assim podem se contar assuntos como efetividade operacional; meio ambiente, saúde e segurança; clientes e mercado, força de trabalho e inovação. O modelo de desempenho mostrado nesta tese diz apenas sobre sistemas de manufatura, porém tem um lugar dentro de um modelo geral de desempenho para ser bem sucedido na sua proposta. Na Figura 63 é apresentado seu lugar dentro de um modelo geral de desempenho para empresas baseado no relacionamento entre perspectivas de Kaplan e Norton e seu BSC.





**Figura 63. A excelência operacional e as áreas de importância para o bom desempenho no longo prazo. Elaborada pelo autor.**

O modelo leva em consideração o relacionamento com fornecedores em função da necessidade de otimizar os fluxos de materiais, informações e pessoas. O relacionamento com a perspectiva de aprendizagem e crescimento das pessoas é necessário.

Em resumo, nenhuma estratégia razoável recusaria aumento de produtividade e flexibilidade, nem melhoria em velocidade, confiabilidade e qualidade simplesmente porque essas melhorias são imprescindíveis para qualquer estratégia externa de redução de custos sem perda de competitividade no atendimento aos seus clientes.

Na seção seguinte é apresentada uma ferramenta de mapeamento dos principais relacionamentos causa-efeito entre fatores de desempenho do sistema de manufatura, refletindo os requisitos dos clientes, estimulando a melhoria contínua e, sobretudo, fazendo as medidas de desempenho acionáveis, oferecendo pontos de ação para gestores em função dos resultados medidos.

#### 3.4.2 A medição de desempenho e as unidades de desempenho

O relacionamento formal entre medidas tem por objetivo agregar mais informação útil às diferentes funções do sistema de manufatura em suas revisões críticas de desempenho, trazendo um quadro muito mais sistêmico do que apenas a informação de cada medida de desempenho individual. Tomando a analogia de Kaplan e Norton (1997) sobre pilotos de aeronaves que processam informações provenientes de um grande número de instrumentos para poder pilotar em segurança e que similarmemente gestores precisam de um painel de instrumentos para poder dirigir as empresas no ambiente de competição complexa atual, pode-

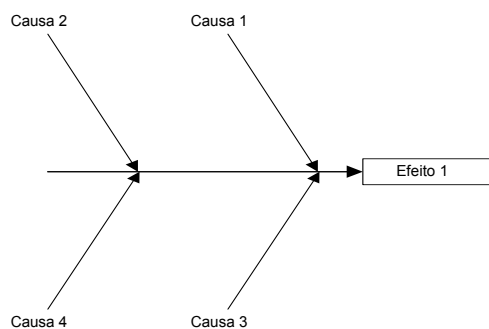
se argumentar que no caso dos gerentes da manufatura além dos instrumentos com informação precisam-se as relações entre as medidas para poder interpretar corretamente o desempenho total do sistema.

Sabe-se que por meio de sua experiência e seus conhecimentos especializados os gestores têm modelos de relacionamento entre diversos fatores da empresa. Por exemplo, é de bom senso raciocinar que se são contratadas mais pessoas e equipamentos ter-se-á mais capacidade na fábrica e se são treinados os funcionários eles executarão melhor suas operações. Porém, isto é assim mesmo? Tem-se informação confiável que diga qual é a capacidade atual da fábrica e qual a que se tem depois da contratação das pessoas? E em qualquer caso, não se poderia ter atingido a mesma capacidade utilizando melhor os recursos da manufatura, pois a capacidade de projeto suportava a demanda? Indo mais longe no tempo, será que não se está perante um padrão de comportamento da empresa onde ciclicamente se está sentindo uma falta aparente de capacidade que sempre é corrigida com contratação em massa para depois ordenar uma demissão em massa que reflete na motivação dos funcionários da empresa? E isto refletindo sistematicamente na qualidade interna dos produtos por degradação dos procedimentos de trabalho que não podem ser melhorados nem com treinamento adequado?

As unidades de desempenho podem responder a estas e outras perguntas de interesse dos gestores. A **unidade de desempenho** é a ferramenta que pode representar os fatores chave para o sistema de manufatura. Juntas são um painel de navegação integrado com fatores de resultados, fatores acionáveis para melhoria dos fatores de resultados com ação imediata e com ação tardia, assim como efeitos atuando sobre causas depois de um período de tempo. Elas representam o conhecimento que se tem e/ou que se quer ter do sistema de manufatura, assistindo na criação do plano de ação gerencial para o sistema.

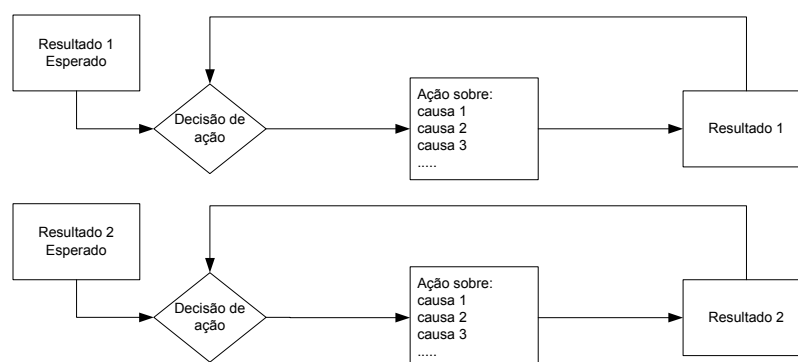
Na realidade, as unidades de desempenho são muito mais que uma simples ferramenta para a medição de desempenho integrada, são a ponta do *iceberg* de uma nova forma de pensar sobre empresas e sistemas de manufatura. São uma maneira de modelar sistemas complexos, um avanço por sobre a visão da Qualidade Total de tratamento de eventos particulares (efeitos) pelo tratamento de suas causas, para assim melhorar o desempenho do sistema. Com isto não se está dizendo que a modelização causa-efeito está errada, apenas que pode ser integrada em uma modelização mais ampla que mostrará melhores resultados nas decisões de níveis táticos e estratégicos e que poderá ser reduzida a análise linear causa-efeito na gestão da rotina.

A modelização dos processos como conjunto de causas da Qualidade Total, importantíssima para a gestão da rotina, pode ser assim representada:



**Figura 64. Relação causa-efeito linear.**

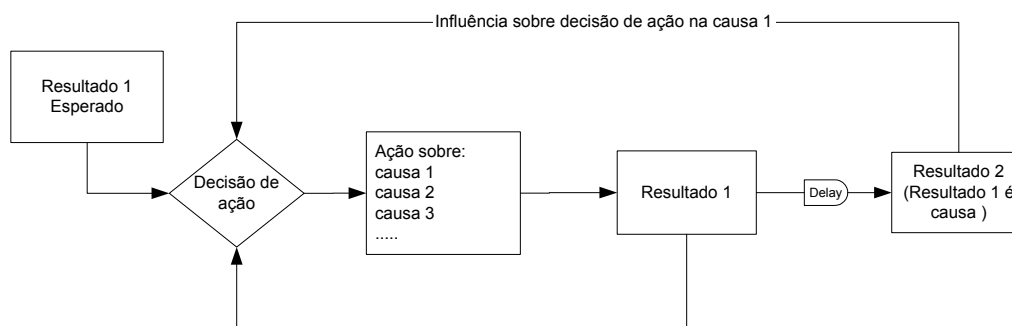
Esta forma de tratar os problemas de desempenho nas empresas se baseia no seguinte modelo linear:



**Figura 65. Análise linear. Elaborada pelo autor.**

Este modelo tem mostrado sua valia mostrando uma forma sistemática de resolver problemas de diagnóstico simples e deve ser a base para a gestão da rotina de curto prazo onde qualquer relacionamento causal não-linear pode ser pensado como uma aproximação linear (analogia a diferenciação). No entanto, a abordagem pelo tratamento dos eventos causais pode sempre encontrar uma causa de uma causa e assim ter muitas dúvidas sobre onde parar para resolver o evento indesejado.

Para resolver este tipo de situação pode ser usada uma modelização com alguns elementos a mais. Um modelo que tem suas raízes na cibernética de Wiener e von Neumann da década de 1940 e pode ser enquadrado dentro da Teoria Geral de Sistemas. Um modelo possível que transcenda o tratamento simples por eventos pode ser chamado de modelo de padrões sistêmicos segundo Senge (2002):



**Figura 66. Padrões de comportamento em sistemas complexos. Elaborada pelo autor.**

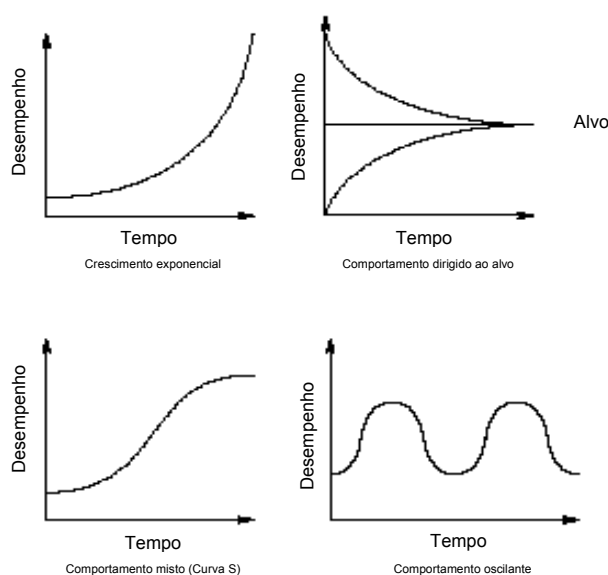
Na análise linear a informação sobre o problema de desempenho se combina com o desejo ou necessidade de desempenho e um tempo para tratar o problema. Nesse ponto se configuram os fatores para a tomada de decisão que dispararão ou não uma ação sobre o sistema para corrigir o desempenho. Por sua vez o novo desempenho através da informação que chega aos gestores dará as condições iniciais de uma nova tomada de decisão no futuro sobre o problema de desempenho. Pode-se definir “problema de desempenho” quando há discrepância entre o esperado e o conseguido para um determinado evento ou ação.

Já no caso dos padrões complexos, a ação tem um resultado 1 que por sua vez gera outro resultado 2 (pode ser com um certo retardo), quando este resultado 2 aparece, os gestores há um tempo estão tratando com o mesmo padrão de decisão sobre as causas do resultado 1. Esse resultado 2 também influencia a tomada de decisão sobre as causas (ações), em particular a causa 1 mais importante pode estar influenciada pelo resultado 2. Se o resultado 2 atua no sentido contrário ao desejado para melhorar o resultado 1 pode-se estar na presença de um laço fechado de equilíbrio que precisa ser entendido para poder ser melhorado. Um caso típico pode ser a implantação de técnicas da manufatura enxuta que geram bons resultados iniciais em redução de espaço e estoques de fabricação (resultado 1), mas também demissões de alguns funcionários e percepção generalizada de maior carga de trabalho sem recompensa nenhuma com possivelmente mais demissões (resultado 2). Como consequência as melhorias são paulatinamente paralisadas apesar dos bons resultados operacionais.

Esta nova modelagem assume que o sistema de manufatura está formado por partes relacionadas e que em médio e longo prazo os efeitos podem influenciar as causas e o equilíbrio do padrão complexo do sistema é muitas vezes mais importante que influencias de causas externas ao padrão sistêmico. Seguindo a teoria de sistemas dinâmicos, teoria já suficientemente desenvolvida desde a década de 1960 e cuja principal referência é o professor Jay Forrester do MIT - Massachusetts Institute of Technology - os quatro grandes padrões de comportamento de sistemas são:

- ✓ Crescimento exponencial;
- ✓ Comportamento dirigido ao alvo;
- ✓ Comportamento misto (curva-S);

✓ Comportamento oscilante.



**Figura 67. Os quatro grandes padrões de comportamento de sistemas.**

Na Figura 67 Performance pode ser de qualquer medida de resultado ou direcionadora para o sistema de manufatura.

O crescimento exponencial do primeiro comportamento nem sempre é exponencial em sistemas reais, mas pode ser considerada uma boa aproximação aos crescimentos virtuosos ou viciosos dentro de organizações. Este padrão se dá quando uma taxa de entrada de fluxo no sistema vai acrescentando quantidade ao sistema e isto, por sua vez, acrescenta valor à taxa de acréscimo. Casos que seguem este comportamento são a poupança de bancos, a venda inicial de um produto novo quando decola e a curva de aprendizagem dos processos técnicos.

Um comportamento como o do segundo gráfico é chamado de comportamento dirigido ao alvo, a variável de interesse pode iniciar acima ou abaixo do valor alvo e vai se dirigir ao alvo invariavelmente. Os dois possíveis comportamentos se representam na figura. Estes laços são laços equilibrados, presentes em grande parte dos inter-relacionamentos entre variáveis em sistemas. Assim redução de defeitos, redução de custos e em geral qualquer redução segue este comportamento no tempo. Percentagens de qualquer tipo também têm este comportamento a medida que mais próximas estão do alvo, seja este 0% ou 100%.

A curva-S da figura seguinte é um comportamento composto dos dois comportamentos básicos já apresentados. Nestes casos o comportamento inicia com um crescimento exponencial até que um laço equilibrador ganha força para fazer com que a variável se estabilize em um valor alvo. A maior parte dos resultados obtidos por programas (Ex.: 5S, CCQ, Seis Sigma, etc.) em empresas têm este comportamento, inclusive a introdução de novos produtos no mercado tem um valor de equilíbrio depois de um crescimento exponencial.

Já os sistemas que oscilam como no último gráfico também apresentam uma combinação entre os dois primeiros padrões: laço reforçado e laço equilibrado. Este comportamento oscilante

em geral está associado a retardos na chegada de informação para a tomada de decisão, o que faz com que o comportamento se mostre errante em torno de um valor alvo. Isto pode acontecer com o tamanho de estoques ao longo do sistema produtivo quando se programa a produção em forma empurrada, por exemplo. Todos estes comportamentos podem combinar-se entre si.

Por todos os lados existem laços causais e frequentemente é necessário entender o padrão de comportamento destes laços para poder encontrar uma solução viável aos problemas do sistema de manufatura. Formalmente, usar-se-á a definição de Richardson e Pugh (1981) para definir um laço causal. “É uma seqüência fechada de causas e efeitos envolvendo ação e informação”.

A informação é importante porque a realidade sobre o problema chega desta maneira aos gestores e é interpretada segundo os seus conhecimentos e experiências sintetizados nos seus modelos mentais. Esses modelos mentais incluem a análise causal dos principais fatores que influenciam o desempenho que não está de acordo ao desejado.

Neste trabalho é sustentado que é muito melhor contar com medidas de desempenho relacionadas formalmente, sejam desdobradas pelo modelo de desempenho aqui desenvolvido ou não, porque pode chegar a ser a única chance dos gestores (e dos pesquisadores) de descobrir alguma coisa diferente sobre o comportamento do sistema. Sem números a realidade é muito fácil de ser “modelada” a gosto do consumidor.

Pode-se resumir o exposto em:

- Um problema de desempenho aparece quando existe discrepância entre o esperado e o conseguido para um determinado evento;
- Essa discrepância necessariamente levará a uma decisão que originará uma ação, por parte dos gestores, com o objetivo de tratar a discrepância. Essa ação gerará um novo desempenho (ou o mesmo) no processo de manufatura e isto gerará uma nova tomada de decisão no futuro. Assim é fácil notar que qualquer problema de desempenho está inserido em um laço de realimentação;
- Medidas de desempenho relacionadas formalmente são a única chance de entender os padrões de comportamento das principais variáveis do sistema de manufatura.

E o que oferecem então as unidades de desempenho?

O seu objetivo é predizer o comportamento dos principais parâmetros do sistema de manufatura trazendo um relacionamento formal combinando fatores externos (de eficácia) e internos (excelência operacional). Sendo principalmente útil para modelar comportamento à médio e longo prazo, níveis táticos e estratégicos.

Em resumo, são características de uma unidade de desempenho:

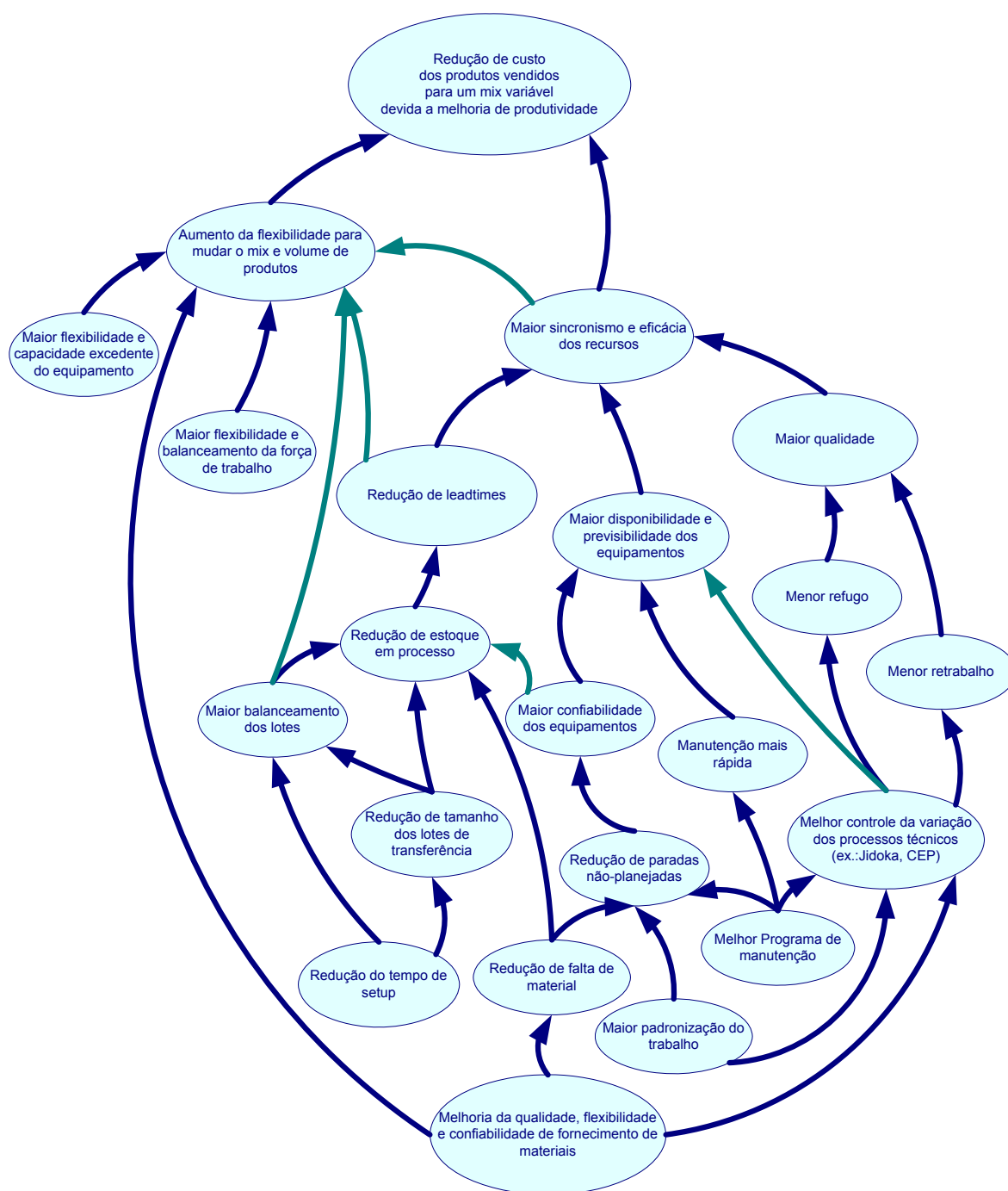
- Cada unidade de desempenho conta uma história contextualizada para melhorar um objetivo de desempenho;
- Estar composto por poucos fatores chave e ter por fim medir o resultado de algum objetivo de desempenho estratégico;

- Unidades de desempenho têm que começar com fatores chaves de eficácia ou resultado e terminar com fatores chaves de eficiência ou direcionadores (acionáveis);
- Unidades de desempenho devem conter fatores e relacionamentos de controle para evitar desvios no bom funcionamento da manufatura em função de tentar otimizar algum resultado (quando necessário);
- Fatores de desempenho podem ser compartilhados por mais de uma unidade de desempenho;
- As unidades de desempenho permitem analisar o desempenho do sistema de manufatura não apenas resultado por resultado, mas em função dos relacionamentos entre fatores;
- São a chave de entrada para uma análise sistêmica que considere laços fechados em uma perspectiva estratégica (horizonte de meio e longo prazo).
- Podem começar sem laços fechados e ir construindo os laços com o tempo e o conhecimento sobre o comportamento dos problemas de desempenho.

#### 3.4.3 As unidades de desempenho padrão para a manufatura

A seguir são apresentados desenvolvimentos padrão – arquétipos - das que deveriam ser as principais unidades de desempenho para sistemas de manufatura. É claro que são apenas unidades padrão e devem ser adaptadas à situação de cada empresa, considerando a lógica e necessidades dos gestores usuários, e completadas com os laços fechados que vão se manifestar, sobretudo com o aparecimento dos primeiros resultados positivos nos fatores de desempenho alvos da unidade padrão.

O grande mapa-arquétipo que rege o desenvolvimento destas unidades padrão de desempenho e que leva à excelência operacional interna pode ser visto na Figura 68:



**Figura 68. O mapa causal da excelência operacional. Elaborado pelo autor.**

Este modelo de relacionamento diz sobre a excelência operacional do sistema de manufatura como entidade, sendo útil para todas as funções de sua gestão.

Os relacionamentos causais apresentados estão esboçados e registrados em pesquisas reconhecidas em ambientes reais de manufatura como os trabalhos apresentados por Hayes *et alli* (1988), Womack *et alli* (1990), Hanson e Voss (1995) e Neely (1998) dentre outros; no entanto são apenas um ponto de partida que permite iniciar a construção de relacionamentos causais sólidos e adaptados ao sistema de manufatura de cada empresa.

O mapa-arquétipo sugere que para conseguir baixo custo sustentável dos bens manufaturados por meio da produtividade responsável é necessário trabalhar simultaneamente em todos os

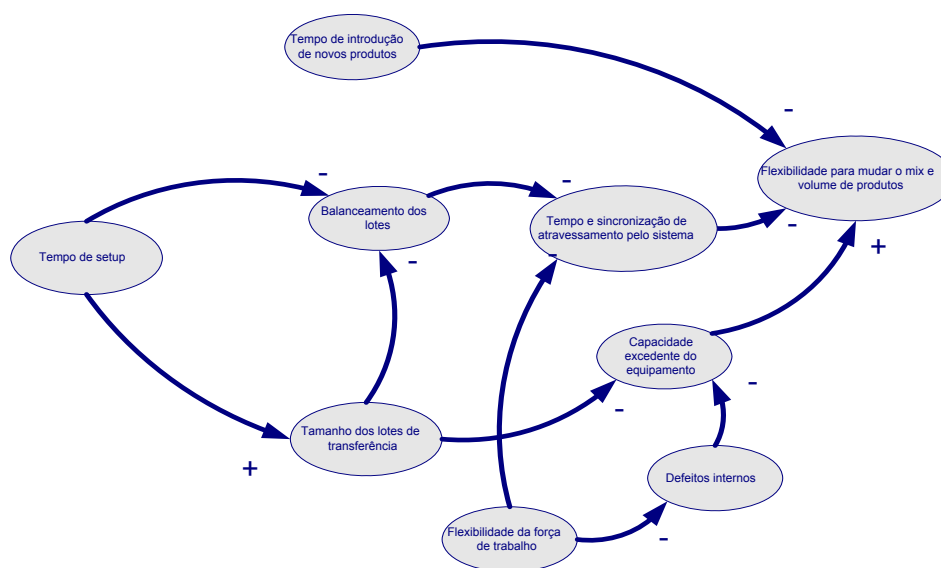


objetivos de desempenho, atingindo alta produtividade, flexibilidade, redução de lead times, estoques e maior qualidade, ao mesmo tempo.

As unidades de desempenho padrão são desdobramentos específicos deste modelo, que se apresentam separadas por cada um dos objetivos de desempenho apresentados no modelo síntese da proposta desta tese e que não contém laços fechados. O objetivo destes desenvolvimentos é ajudar na etapa de projeto de novas medidas para melhorar o objetivo sem conflitar com os outros objetivos, levando assim à excelência operacional interna.

## Flexibilidade

Flexibilidade está restrita a flexibilidade de *mix* e flexibilidade de volume.



**Figura 69. Flexibilidade de mix e de volume. Elaborada pelo autor.**

Aqui um conector causal (+) significa que perante uma mudança na variável A, a variável B reagirá no mesmo sentido e um signo (-) que a variável B reagirá no sentido oposto.

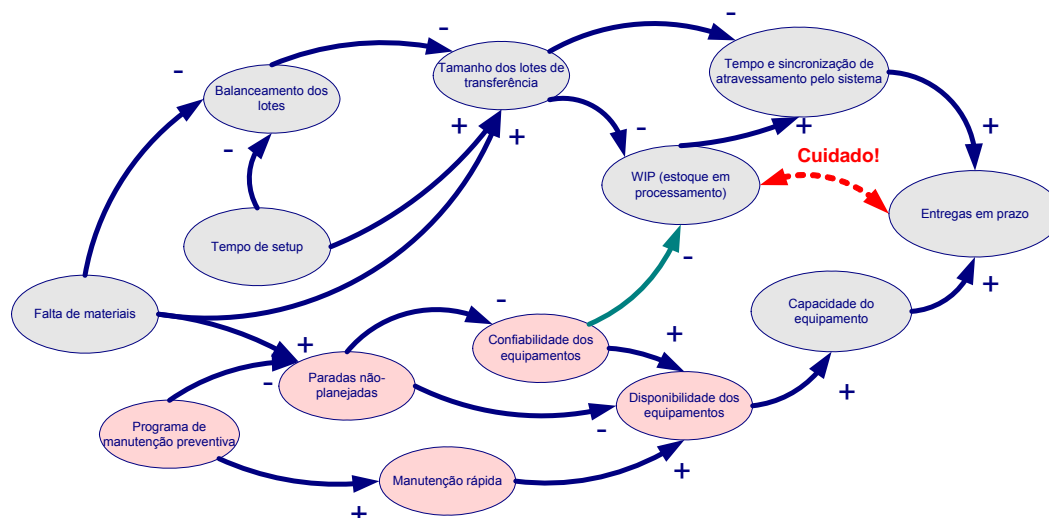
A Figura 69 mostra os principais fatores e seu relacionamento para alcançar flexibilidade. São pilares: redução de tempo de *setup*, a flexibilidade da força de trabalho e o tempo e interação do projeto de produto com o sistema de manufatura se se pretendem introduzir produtos novos.

Engenharia simultânea e um estudo cuidadoso do impacto do novo produto no fluxo presente do sistema de manufatura são necessários para garantir a flexibilidade do sistema. O tempo de desenvolvimento reduzido é muito importante porque indica a capacidade de responder rapidamente às necessidades dos clientes.

Em geral, medidas de desempenho que se aplicam a cada fator foram apresentadas em seções anteriores.

## Confiabilidade

Confiabilidade é entregar no prazo prometido inicialmente ao cliente (tanto interno quanto externo).

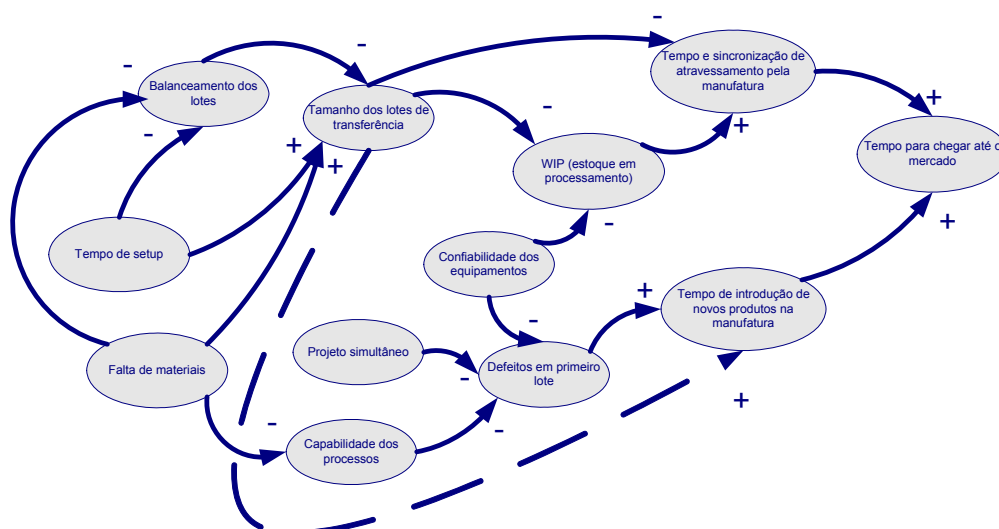


**Figura 70. A confiabilidade na entrega. Elaborada pelo autor.**

A confiabilidade em sua dimensão interna está representada pelos fatores mais escuros da Figura 70 e esta deve ser uma das grandes contribuições da gestão da rotina. A disponibilidade dos recursos fala sobre a confiabilidade dos recursos (equipamentos e funcionários) e sobre a eficiência da função manutenção. Sua melhoria não apenas gera uma maior capacidade excedente, mas também diminui a necessidade de estoques de amortecimento para prevenir possíveis quebras causantes de não-continuidades no fluxo de materiais.

## Velocidade

Uma unidade de desempenho para este posicionamento tem que levar em consideração o relacionamento entre a manufatura e o projeto de novos produtos:



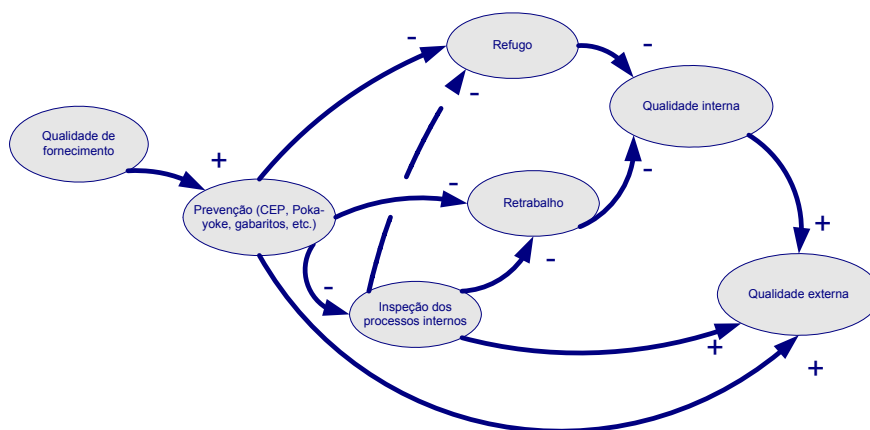
**Figura 71. Velocidade de chegada ao mercado (com novos produtos). Elaborada pelo autor.**

Esta unidade de desempenho tem duas ramificações principais. A ramificação da velocidade e confiabilidade, permitindo sincronização do sistema de manufatura e a ramificação do projeto de produto em tempo e forma, sem perturbar a sincronização do sistema.

A ramificação do projeto do produto não foi introduzida no mapa-arquétipo já que de fato transcende ao sistema de manufatura. Pode ser pensada como opcional.

### Qualidade

Qualidade tem que ser interpretada como ausência de defeitos no produto que chega aos clientes durante o período de tempo previsto para seu uso. Pode acontecer que a variabilidade de suas principais operações seja alta e provavelmente a empresa esteja com inconformidades internas e reclamações externas demais. O primeiro é ter os processos técnicos sob controle. Para isto medidas de controle da qualidade devem ser usadas para os parâmetros não-negociáveis (NEELY, 1998).



**Figura 72. Unidade de desempenho para qualidade. Elaborada pelo autor.**

Esta unidade mostra como uma maior capacidade (capacidade técnica) dos processos técnicos ajuda a diminuir a inspeção pela garantia da qualidade. O fator inspeção aqui é considerado com inspeção externa, já que a inspeção *in-loco* por parte dos funcionários como praticada na Toyota Co. segundo Shingo (1988) é importantíssima e deve formar parte dos procedimentos de trabalho de toda empresa.

### 3.5 Síntese do modelo de referência para o desempenho do sistema de manufatura – A excelência operacional

Com todos os elementos já descritos pode-se apresentar um modelo de referência síntese para a medição de desempenho em sistemas de manufatura que será o guia para o método de obtenção de medidas proposto no capítulo seguinte. Esta não é uma questão acessória para este trabalho e sim a chave da tese, pois são os modelos de desempenho os únicos que dão foco para a gestão de desempenho das empresas e também são os que devidamente

analisados e revisados permitem a obtenção de SMD dinâmicos, os dois problemas recentemente identificados para a pesquisa da área segundo Neely (2005).

### **Requisitos do modelo**

- Ser o suficientemente amplo para poder ser usado em qualquer empresa de manufatura;
- Apresentar uma visão sistêmica e por processos;
- Ser intuitivo e simples na sua concepção;
- Permitir entender os principais relacionamentos causais entre fatores chave para o bom desempenho de sistemas de manufatura;

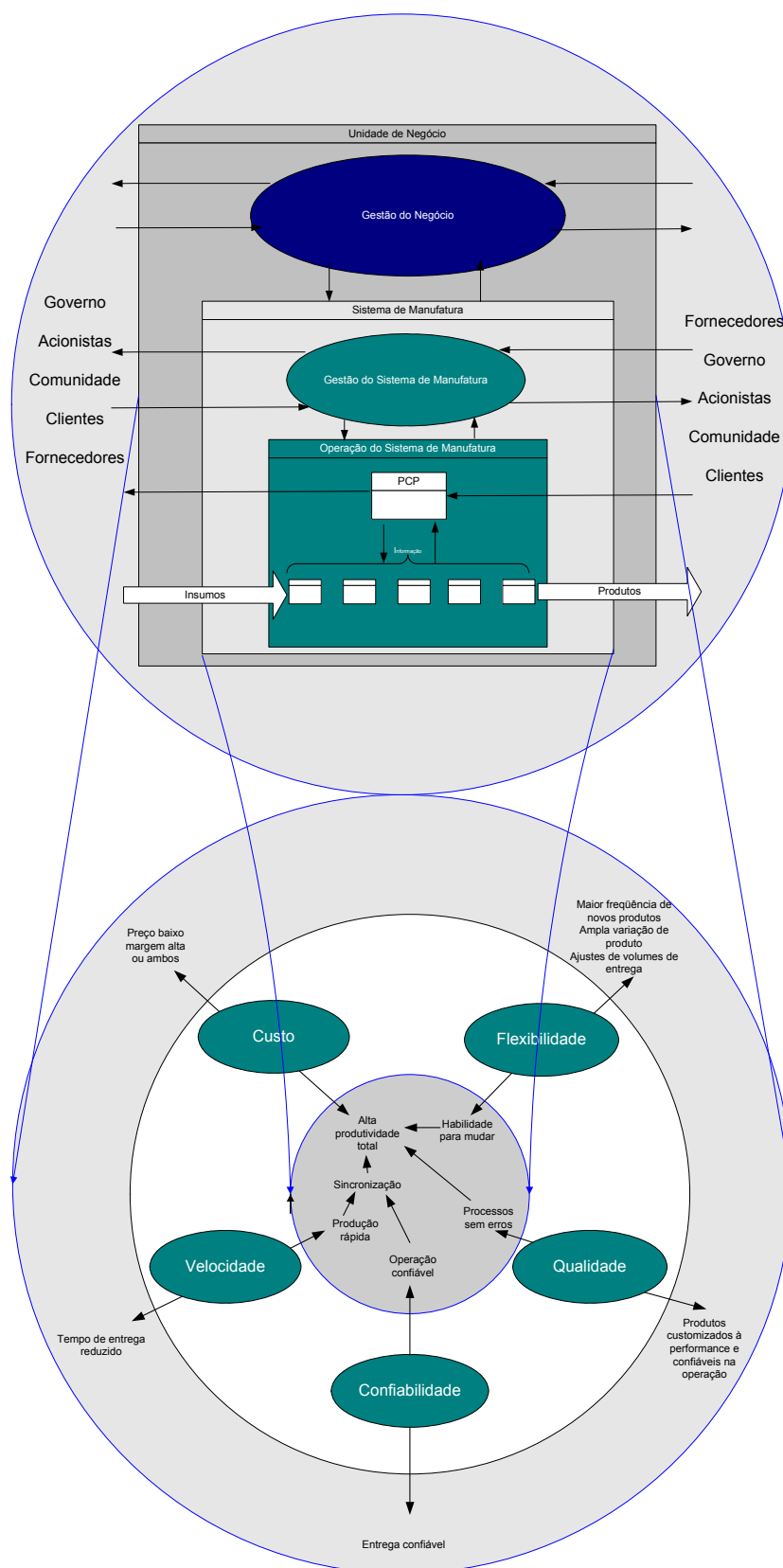
### **Características do modelo de referência**

- Fomentar a excelência operacional;
- Basear-se no desdobramento estratégico e o desdobramento pelos requisitos de excelência operacional para o sistema de manufatura;
- Utilizar uma adaptação gráfica do Mapeamento de Fluxo de Valor apresentado por Rother e Shook (2003) para mostrar os principais fluxos do sistema de manufatura, tendo assim uma abordagem processual.

O modelo que norteia o desdobramento de medidas de desempenho para sistemas de manufatura de empresas é uma contribuição original da tese.

Na parte superior do modelo aparecem representados os fluxos de informação e materiais do sistema de manufatura assim como a relação dele com a gestão do negócio que o condiciona. Podem ser vistas as linhas delimitadoras da excelência operacional e da estratégia para o sistema de manufatura.

A Figura 73 mostra a síntese do modelo de referência



**Figura 73. O Modelo de Referência. Elaborado pelo autor.**

No capítulo seguinte se apresenta o método para diagnosticar, desenvolver e usar SMD, o método faz uso intensivo do modelo deste capítulo e incorpora outras questões, por exemplo comportamentais para decidir pelo uso das ferramentas necessárias.

## 4 O MÉTODO PARA DESENVOLVER SMD

*Todas as melhorias tomam lugar projeto por projeto...e não de outra forma. Joseph M. Juran*

Como já dito, esta tese tem por objetivo final transferir tecnologia de gestão para empresas de manufatura, domínio de pesquisa do grupo de investigação GETEQ. Por isso foi construído um método objetivando a melhoria de SMD de sistemas de manufatura de empresas, isto porque empresas têm ainda grandes dificuldades para melhorar seu sistema de medição de desempenho operacional apesar dos avanços conceituais na disciplina gestão do desempenho. Este método é uma tentativa de responder a uma questão iniludível dentro da disciplina, a dificuldade de conseguir a mudança do SMD dentro das empresas.

O método foi concebido para criar modernos sistemas de medição de desempenho, que atendam as características que se consideram desejáveis atualmente, sistemas que apóiem a construção de sistemas de manufatura da Era da manufatura enxuta. Para isso compilaram-se conceitos e ferramentas já existentes dentro da disciplina gestão de desempenho e gestão da manufatura, acrescentaram-se alguns conceitos e ferramentas originais e se colocou tudo isso em forma ordenada, constituindo assim um método que possa ser aproveitado pelas empresas.

Como medir bem os aspectos relevantes do desempenho do sistema de manufatura é uma prática que diz sobre a gestão da empresa em si e o papel de seu sistema de manufatura, no caso de se mudar precisa-se enquadrar como uma mudança dentro da empresa, e muito já se sabe sobre a dificuldade da transformação em empresas desde que não exista uma crise que a justifique. Este assunto é particularmente relevante para a disciplina gestão do desempenho já que é considerado secundário na maior parte da literatura e dele depende o sucesso da implementação em empresas e o sucesso da disciplina no meio e longo prazo.

O método inicia com um diagnóstico para entender o que precisa ser mudado no SMD do sistema de manufatura e ver quais as condições básicas da empresa para poder iniciar satisfatoriamente um projeto de SMD. Depois dessa importante etapa que deve aumentar as chances de um projeto bem sucedido, seguem-se as etapas de projeto, implementação e uso piloto das medidas.

O método tem a proposta de desenvolver um SMD que conte com as principais características do estado-da-arte na disciplina.

### 4.1 Características desejadas de um SMD

Utiliza-se nesta tese a proposta de Neely *et alli* (1996) para mostrar as características desejáveis de um SMD. Para os autores um SMD pode ser estudado em três níveis:

1. As características de cada medida;
2. O sistema de medição de desempenho como entidade;
3. A relação entre o SMD e o meio ambiente no qual opera.

Tabela 15. Características desejadas nos SMD. Adaptado Neely (1996:425)

Nível	Características desejadas	Autores
Medidas individuais	Devem estar disponíveis em tempo útil	Martins (1999)
	Definição clara	Hronec (1994), Martins (1999)
	Facilmente entendíveis	
	Devem ter escala apropriada para acompanhar linearmente as mudanças nos processos	Crawford & Cox (1990)
	Devem formar parte do laço de controle	Bititci <i>et alli</i> (1997)
	Devem ser confiáveis e controláveis	Hayes <i>et alli</i> (1988)
	Devem ser efetivas para seu custo	
	Facilitar reportes simples e demonstrações de tendência	Bititci <i>et alli</i> (1997)
	Distinguir entre ruídos e sinais.	Wheeler (1993)
	Ser robustas no controle e sensíveis à mudança	Kitchenham (1996), Winchell (1996)
	Ser uma relação entre medidas mais do que medidas individuais	Kaydos (1999) e Kennerley e Neely (2003)
	Não devem induzir comportamento indesejado	Kaplan e Norton (1997)
	Conter uma meta e um <i>benchmark</i>	
Sistema de Medição de Desempenho como entidade	Prover dados para monitorar o passado e planejar o desempenho futuro	Kaplan (1992)
	Mostrar claramente as relações de causa e efeito na empresa	Martins (1999), Bititci <i>et alli</i> (1997)
	Focar nos processos críticos do negócio e da operação	Kaplan (1992) Bititci <i>et alli</i> (1997)
	Conter medidas quantitativas e qualitativas	Kaplan (1992), Bititci <i>et alli</i> (1997) e Neely (2002)
	Diferenciar entre medidas de controle e de melhoria	
	Medir capacidades e aprendizagem organizacional	
	Usar medidas adequadas a cada nível hierárquico e em linguagem com forte significância para a empresa.	Bititci <i>et alli</i> (1997)
	Equilíbrio entre medidas financeiras e não-financeiras	Kaplan (1992)
	Avaliar grupos e não indivíduos	Martins (1999)
	Ser dinâmico (acompanhar mudanças da empresa)	Bititci <i>et alli</i> (1997)
	Estimular melhoria contínua	Neely et al. (1996), Ghalayini <i>et al.</i> (1997)
SMD e sua relação com o ambiente	O sistema deveria reforçar a estratégia da firma desdobrando objetivos estratégicos em um caminho lógico a todos os níveis hierárquicos	Skinner (1971); Kaplan (1992), 1997; Bititci <i>et alli</i> (1997) e Neely (2002)
	O sistema deveria representar a cultura da empresa	De Wall (2002)
	Ser compatível com o sistema de premiação da empresa	Hayes et al. (1988), Bititci <i>et alli</i> (1997) e Kaydos (1999)
	Deveria prover dados para comparação externa	
	Refletir os requisitos de todos os <i>stakeholders</i>	Neely (2002), Bititci <i>et alli</i> (1997)
	Refletir os critérios competitivos do mercado onde a organização participa	Bititci <i>et alli</i> (1997)

O método deverá ser sobretudo simples, pois a gestão do sistema de manufatura é uma questão eminentemente prática (SLACK *et alli*, 1997). E sua medição de desempenho deve sê-lo também.

Pensando na simplicidade este método tem na sigla DAPIU as iniciais que se correspondem com as cinco fases do método:

- D: Definição das necessidades de desenvolvimento;
- A: Análise das possíveis soluções e abrangência;
- P: Projeto de medidas do SMD;
- I: Implementação do SMD; e
- U: Uso piloto do SMD.

Em cada fase são executados uma série de passos e são usadas diferentes ferramentas, tudo em um conjunto que indique de maneira prática o caminho para obter o novo SMD. Nas seções seguintes se mostrará cada fase, declarando seus objetivos, mostrando os passos e apresentando as ferramentas ou técnicas usadas, assim como os resultados esperados.

## **4.2 Etapa de Definição**

A etapa de definição gira em torno da caracterização do propósito de atualização do SMD do sistema de manufatura. Existe consenso entre autores da área da importância de ter uma clara definição do propósito (NEELY, 1996; DE WALL, 2002; KAYDOS, 1999 e MARTINS, 2001). Como resultado desta etapa deve-se ter claramente caracterizada a gestão do sistema de manufatura em uma forma ampla e definidos os objetivos de análise (próxima etapa), logo da qual se iniciará o desenvolvimento propriamente dito. Para obter um propósito claro de desenvolvimento será necessário considerar vários aspectos da empresa e do sistema de manufatura.

### **4.2.1 Aspectos a considerar na definição e análise do SMD existente**

Certamente vários aspectos influenciarão o desenvolvimento de um SMD em empresas. Estes grandes aspectos foram levantados recentemente na bibliografia existente na área devido à pressão existente pelo fracasso de projetos em empresas. Em particular no estudo de caso múltiplo em empresas brasileiras de Martins (1999), o trabalho de Rentes (2000), de Wall (2002) e os trabalhos de Kennerley e Neely (2002 e 2003) sobre fatores que afetam a evolução de um SMD.

#### **4.2.1.1 O aspecto cultural**

Sem temor a cometer equívocos pode se afirmar que a forma de medir desempenho de uma empresa está fortemente ligado a sua história, história construída por homens e que formou um perfil cultural da empresa. Tão importante é este aspecto que apesar de um SMD ser tecnicamente perfeito, pode ainda não ser usado e é nessa etapa de uso na qual fracassam grande parte dos novos SMD (DE WALL, 2002). Os aspectos culturais têm a ver com relações de poder, estilo de liderança que pode não favorecer comunicação, falta de credibilidade nas ações da administração, motivação para a medição, etc. Como a mudança do SMD é de fato um



processo de transformação deve ser tomado muito cuidado em definir a plataforma inicial do desenvolvimento. E a questão cultural é muito importante neste aspecto, uma empresa com uma cultura forte de valorização da medição de desempenho e de ação tomada em fatos é um ambiente mais propício para vencer a barreira do medo nas conseqüências que possa trazer a presença de novas medidas para gerenciar. Provavelmente também contará em suas fileiras com pessoas preparadas e treinadas para extrair a maior quantidade de informação das medidas de desempenho, estando também capacitadas para descartar e desenvolver novas medidas. Sabe-se que a prática de participação no desenvolvimento de medidas de desempenho por parte da força de trabalho é um forte indicativo de uma empresa gerenciada por medidas (LINGLE e SCHIEMANN, 1996). Por outro lado, uma cultura da Era da produção em massa será inevitavelmente contrária ao modelo de excelência operacional apresentado antes, por isso isto deve ser tratado antes e considerado uma restrição séria ao projeto.

#### 4.2.1.2 O aspecto tecnológico: Tecnologia de Informação –TI

Lembrando a definição de sistema de medição de desempenho: *“o conjunto de medidas, e todos os **procedimentos e tecnologias** associadas, usadas para quantificar resultados de atividades com o fim de apoiar a ação na linha de frente e a tomada de decisão da gerência do sistema de manufatura”*. Pode-se entender a importância da tecnologia de informação, sobretudo para a implementação de novas medidas. O SMD é, por definição, um subconjunto do sistema de informação que deveria integrar todos os dados relevantes para a gestão do desempenho (BITITCI *et alli*, 1997). E como tal deve suportado pela devida tecnologia de informação da empresa. Tanto a eficácia do SMD quanto sua confiabilidade dependerão fortemente da tecnologia de informação existente para a medição. No entanto, a medição de desempenho não precisa de tecnologia de informação muito sofisticada, e de fato na maioria das empresas é desenvolvida na base do papel e de planilhas e/ou banco de dados computacionais básicos. O importante aqui é o domínio sobre a tecnologia existente para poder contar com flexibilidade na coleta, filtragem e apresentação de relatórios específicos com dados específicos (KENNERLEY E NEELY, 2003).

#### 4.2.1.3 Os procedimentos e instruções que regulamentam a operação

Por que podem ser importantes os procedimentos atuais de uma empresa em um projeto de revisão do SMD? A mesma definição de SMD apresentada na seção anterior mostra o porque da importância de ver este aspecto do sistema de manufatura. Duas importantes questões são desdobradas deste aspecto, uma se funde com a questão cultural e diz sobre a cultura procedimental que vai facilitar grandemente a formulação de objetivos claros que facilitem a obtenção de medidas de desempenho, favorecendo também a coleta correta e a confiabilidade do SMD. A falta de objetivos claros é um dos grandes inibidores encontrados na pesquisa de Lingle e Schiemann (1996) sobre 122 empresas de Estados Unidos de América.

A outra é uma questão tocante ao modelo de desempenho que prevê a consecução da excelência operacional. Pois o grau de padronização dos procedimentos que existe no sistema

de manufatura vai dizer muito sobre o desempenho que tem o sistema e, portanto, sobre as medidas que poderão ser projetadas para ele. O desenvolvimento de medidas de desempenho sem procedimentos operacionais estabelecidos e seguidos não poderá avançar muito sobre medidas de desempenho de sincronização do sistema de manufatura. Isto deve ser cuidadosamente observado durante o diagnóstico e, para isso, a experiência em campo mostra que é necessário observar quantas vezes seja necessário até entender como os procedimentos são cumpridos no chão de fábrica, já que somente observando os operadores em seus trabalhos diários é que se pode avaliar certamente este aspecto. Nenhum requisito da indústria tem sido tão negligenciado (DEMING, 1990), no entanto poucas coisas são mais importantes na indústria que as definições operacionais que permitem comunicar conceitos. Esta é a base da gestão da rotina e para este autor e outros reconhecidos (ISHIKAWA, 1968 e CAMPOS, 1992 e 1994) é o pilar fundamental do desempenho de um sistema de manufatura.

#### **4.2.1.4 O modelo de desempenho já existente**

Não se pode deixar de observar se o sistema de manufatura já conta com um modelo de desempenho existente. Se a empresa e/ou o sistema de manufatura está trabalhando com algum modelo específico para medição de desempenho como o BSC, IPMS, PRISM, SMART, etc., algum modelo específico do grupo ou corporação, ou um conjunto de medidas em função de normas de qualidade (ISO 9001 ou equivalentes) e certificações por parte clientes; isto deverá ser levado em consideração para o re-projeto já que todo modelo tem suas premissas de trabalho e seu ideal de desempenho, características provavelmente adotadas pelo sistema de manufatura.

A variável de maior importância para entender a validade do modelo, e independente da fonte de inspiração do modelo, é o tempo em que foi desenvolvido. Se for muito antigo provavelmente é um modelo da Era da produção em massa e então no diagnóstico se detectarão grandes possibilidades de melhoria. Por outro lado o modelo pode ser tão bem desenvolvido que se mostrará desnecessário continuar com o desenvolvimento de medidas.

Outra questão importante aqui é que uma empresa com um modelo bem desenvolvido provavelmente contará com um processo definido e seguido para revisão crítica do desempenho e gestão específica para revisar as medidas e o SMD em geral. Se este processo foi rodado várias vezes, então o SMD já deve estar o suficientemente refinado e o potencial de melhoria é baixo.

#### **4.2.1.5 O propósito de uso**

Para Martins (2000) os propósitos são: controle, melhoria contínua reativa e pró-ativa, planejamento, reconhecimento por desempenho grupal, reforço da retórica gerencial, indução de atitude aos empregados, *benchmarking*, aprendizagem organizacional e individual, e foco e justificativa para investimentos.

Já para Neely são os 4C's: checar posição, comunicar posição, confirmar prioridades e compelir progresso.

Em resumo, os propósitos que são freqüentemente mencionados para implementar sistemas de medição de desempenho usualmente caem em cinco categorias genéricas (WAGGONER *et alii*, 1999):

1. Controlar desempenho;
2. Identificar áreas que precisam de atenção;
3. Melhorar motivação;
4. Melhorar comunicação;
5. Fortalecer responsabilidades.

Como pano de fundo do controle de desempenho está o fato de **alinhar estratégia do negócio com o sistema de manufatura**, medidas de desempenho são usadas normalmente com este propósito. Em resumo, definir certamente quais os objetivos que o líder patrocinador do desenvolvimento e os principais usuários do SMD têm é central para criar a plataforma inicial do desenvolvimento.

Como parte deste método foi desenvolvida então uma ferramenta original de diagnóstico rápido que captura questões associadas a estes aspectos.

#### 4.2.2 O diagnóstico rápido para definição

Este é um desenvolvimento original e contribuição desta pesquisa para o arcabouço de ferramentas da disciplina em gestão do desempenho. Para realizar esta construção foi necessário um ponto de partida, algum modelo de referência que mostre qual o ideal de desempenho do pesquisador e do grupo de pesquisa de qual forma parte. Esse modelo foi apresentado no capítulo anterior.

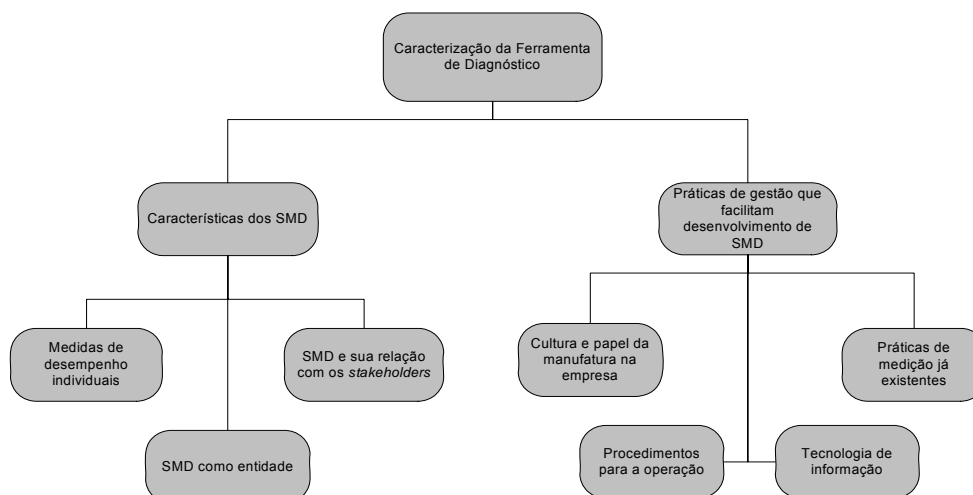
A ferramenta em si tem dois importantes objetivos:

- Criar consenso e alvo para a mudança do SMD;
- Envolver aos principais usuários futuros das modificações do SMD nos estágios iniciais.

Ao mesmo tempo procura-se com o diagnóstico rápido:

1. Saber se o sistema atende às expectativas de controle e melhoria por parte dos gestores e supervisores do sistema de manufatura;
2. Trazer informação sobre práticas da empresa que podem ser facilitadoras de desenvolvimento de medidas para o sistema de manufatura;
3. Trazer informações sobre práticas de medição usuais das empresas;
4. Avaliar a qualidade das medidas individuais e de seu relacionamento para configurar o modelo de desempenho do sistema de manufatura.

Na Figura 74 é mostrado o esquema da caracterização da ferramenta de diagnóstico feito a partir do levantamento bibliográfico :



**Figura 74. Caracterização da ferramenta de Diagnóstico. Elaborada pelo autor.**

Esta caracterização acaba sendo funcional para levantar requisitos e características desejáveis da empresa e do sistema de medição de desempenho que se tornam a base da ferramenta de diagnóstico. As características técnicas já foram apresentadas na Tabela 15 deste capítulo e as práticas gerenciais que facilitam desenvolvimento de SMD foram levantadas em função da literatura e práticas reconhecidas de empresas classe mundial:

**Quadro 4. Aspectos que facilitam desenvolvimento de SMD. Elaborado pelo autor**

Cultura	Procedimentos	Sistema de Informação	Práticas de medição
Papel estratégico da produção Integração departamental Postura para a mudança (resistência a outros programas) Estilo de liderança (abertura de informações) Feedback gerencial e de desempenho Processo participativo na definição de desempenho Sistema de premiação Uso gerencial de medidas Capacitação para gerenciar por medidas	Grupos de melhoria Uso de procedimentos padrão nas atividades rotineiras Preocupação com ritmo de operação (tempo takt) Controle da qualidade	Flexibilidade do sistema de informação SI Domínio da TI Integração do SI com a manufatura Confiabilidade do SI Tecnologia de coleta de dados	Presença de Modelo de desempenho formalizado Mecanismos de revisão do desempenho Mecanismos para revisão do SMD Autoridade e conhecimento para modificar medidas próprias Procedimentos de coleta de dados Presença de medidas direcionadoras e de resultados Distinção entre ruídos e sinais Objetivos de desempenho

O diagnóstico é feito por meio de técnicas usuais de estudo de caso, isto é, questionário estruturado, reunião grupal para consenso, visita às instalações, leitura de mapas de processos e análise de documentação da empresa. Assim foram utilizados os três princípios de coleta de dados propostos por Yin (1989:95) para maximizar os benefícios das quatro fontes de evidências utilizadas no estudo de caso: entrevistas, questionários, documentação e observação. Foram também utilizadas as técnicas de *fontes múltiplas de evidências* para comparar as mesmas

informações e poder indagar sobre divergências. Mantendo todo em uma *base de dados* separada dos relatórios, idéias e pressupostos elaborados pelo pesquisador.

O diagnóstico rápido está organizado segundo os três primeiros módulos apresentados em Lucero (2005):

**Módulo I:** este módulo foi projetado para saber se as pessoas das diferentes hierarquias e das diferentes funções e setores relacionados à produção estão satisfeitas com a eficácia do sistema de medição de desempenho, assim como avaliar as suas prioridades estratégicas. O questionário é uma adaptação do *Performance Measurement Questionnaire* apresentado em Dixon *et alli* (1990), uma ferramenta pioneira e bem sucedida de diagnóstico sobre medição de desempenho. Uma parte do questionário está representado na Tabela 16.

**Tabela 16. PMQ modificado. Adaptado Dixon *et alli* (1990)<sup>12</sup>.**

Importância do fator para a empresa						A empresa mede o fator de acordo com essa importância?					Quão eficazes são as medidas para a gestão da manufatura?				
					FATOR										
Nenhuma >>> Grande						Não >>> Sim					Pouco >>> Muito				
1	2	3	4	5	Confiabilidade dos produtos em serviço	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
1	2	3	4	5	Qualidade interna (refugos e retrabalhos)	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
1	2	3	4	5	Custos de garantia	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
1	2	3	4	5	Controle da variação dos processos	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
1	2	3	4	5	Tempos de atravessamento da produção (leadtimes)	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
1	2	3	4	5	Produtividade	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
1	2	3	4	5	Entregas no prazo	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
1	2	3	4	5	Satisfação dos funcionários	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5

Em geral se avalia a integridade do sistema de medição de desempenho, trazendo informação sobre os principais objetivos de desempenho para os gestores do sistema de manufatura de diferentes funções e hierarquias. Em particular se os objetivos são medidos de acordo com sua importância e se as medidas são eficazes para a tomada de decisão e a ação na linha de frente executora.

<sup>12</sup> Em Anexo se apresenta a tabela completa.

**Módulo II:** neste módulo trabalha-se sobre o questionário de medição de performance que foi desenvolvido para ser respondido em consenso por um grupo diagonal (multi-hierárquico e multifuncional) composto por gerentes e supervisores dos diferentes setores da empresa em um grupo de no mínimo cinco pessoas e que não exceda das dez pessoas. É necessária uma definição inicial dos participantes tanto deste módulo quanto do anterior, isso é feito em conjunto entre um facilitador treinado e o líder patrocinador do método com a informação dada pelo organograma da empresa e o entendimento das principais atividades de cada função da empresa. A reunião para alcançar consenso deve ser guiada por um facilitador treinado (melhor ainda dois) e seguindo um questionário baseado em cenários crescentes de boas práticas para a medição de desempenho da manufatura, práticas de cultura e liderança, de procedimento e de tecnologia de informação que facilitam o desenvolvimento de medidas de desempenho.

O facilitador do diagnóstico é encarregado de questionar o grupo de trabalho e por meio de consenso posicionar a empresa em algum dos cenários, podendo posicionar em cenários intermediários. A Figura 75 mostra um exemplo de uma das dezoito (18) questões presentes no questionário.

<b>Q14</b>	<b>Desenvolvimento de indicadores</b>	Quais os principais indicadores de desempenho para o sistema de produção? Como os principais indicadores de desempenho são classificados, integrados e correlacionados? Apresentar os principais indicadores do desempenho.		
<b>Cenário 1</b>		<b>Cenário 2</b>	<b>Cenário 3</b>	
Indicadores de custos diretos e indiretos, assim como produtividade da força de trabalho.		Alguns indicadores de processos, custos e qualidade, porém sem relacionamento formal.	Indicadores desdobrados da estratégia para atender as necessidades dos clientes e para os critérios da excelência operacional: qualidade, flexibilidade, velocidade, entrega e custos. Relacionados, formalizados e disseminados. Separação entre indicadores de resultados e direcionadores.	
<b>Observações:</b>				

**Figura 75. Exemplo de pergunta em questionário baseado em cenários. Elaborada pelo autor.**

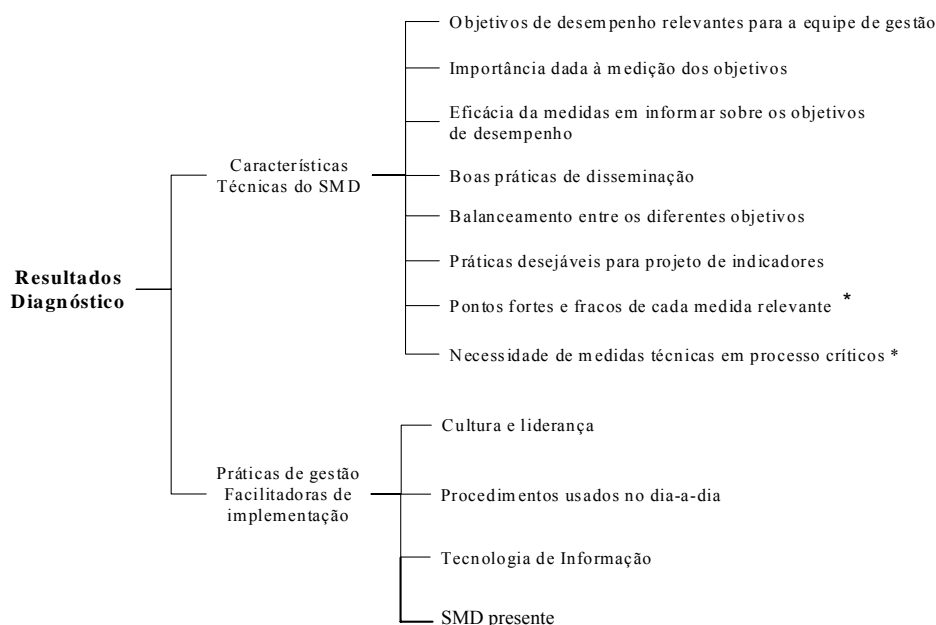
**Módulo III:** consistente em um roteiro planejado de visita às instalações e observação de documentação sobre medidas de desempenho onde é avaliada a presença de medidas de desempenho consideradas chave na prática atual de medição de desempenho, e também a disseminação dessas medidas junto a representantes da empresa, a sua abrangência e a sua qualidade; isto segundo uma lista de checagem desenvolvida como parte da pesquisa. A lista aborda as características técnicas das medidas chave, divididas em quatro grandes áreas: Medição, Uso, Disseminação e Qualidade das medidas.

Indicador	Medição			Uso		Disseminação		Qualidade		
	Não	Pontos críticos	Amplamente	Ocasionalmente	Regularmente	Restrita	Amplamente	Baixa	Média	Alta
CEP para os principais processos		X			X	X			X	
Prazo de entrega aos clientes			X	X		X				X
Prazo de entrega dos fornecedores		X		X		X				X
Segurança e satisfação dos funcionários		X		X			X		X	
Refugos		X			X		X	X		
Retrabalho		X			X		X		X	
Custos de refugo e retrabalho	X									

**Figura 76. Parte da lista de verificação para visita às instalações e acesso a documentação sobre medidas de desempenho. Elaborada pelo autor<sup>13</sup>.**

#### 4.2.3 O diagnóstico – Resultados

O objetivo de usar as técnicas variadas distribuídas nos módulos apresentados é poder fazer um cruzamento de informação e enriquecer a análise dos resultados. Com os dados coletados e analisados aproveitando as fontes múltiplas para cruzá-los, o diagnóstico está suficientemente sistematizado para oferecer saídas gráficas que retratem o panorama da medição de desempenho do sistema de manufatura da empresa. O diagnóstico aborda as seguintes características:



**Figura 77. Análises realizadas no diagnóstico. Elaborada pelo autor.**

<sup>13</sup> Em anexo a lista de verificação é apresentada completa.

Está projetado para ser conduzido em duas sessões de trabalho<sup>14</sup>, uma na qual os módulos I a III são executados e uma outra sessão para apresentar os resultados iniciais ao time de diagnóstico.

Para conseguir representar gráficos numéricos os cenários foram projetados para representar uma escala gradativa linear variando entre 20% a 100% para os cenários 1 a 3 da reunião de consenso e também de 20% a 100% para as notas 1 a 5 do PMQ adaptado do módulo I.

As análises<sup>15</sup> feitas com os dados e discutidas em plenária e no relatório técnico entregue a empresa estão divididas em:

- Avaliação geral do SMD
- Fatores estratégicos
- Análise de alinhamento
- Análises de congruência e de eficácia
- Análise de equilíbrio
- Análise de viabilidade
- Tecnologia de Informação
- Cultura e liderança
- Procedimentos do processo
- Práticas de medição já existentes
- Pontos de potencial melhoria
- Potenciais melhorias na concepção do SMD
- Qualidade das medidas individuais
- Relacionamento causal formalizado entre medidas de desempenho

Estes resultados, junto à pontuação estabelecida pela lista de verificação, são processados rapidamente no *software* desenvolvido como parte do método e apresentado sucintamente no final deste capítulo.

Nas figuras seguintes são mostradas as principais saídas gráficas do diagnóstico rápido.

---

<sup>14</sup>Uma guia completa de como é implementado o diagnóstico rápido é mostrada no documento Guia para o líder do time de diagnóstico em anexo.

<sup>15</sup> Em anexo mostra-se um modelo completo de relatório.

Os asteriscos da Figura 77 indicam que as etapas são iniciadas no diagnóstico rápido, porém são assunto do diagnóstico completo.



Fatores estratégicos			Importância do fator para a empresa		
Código	Nome	Nota	Código	Nome	Nota
PME 13	Qualidade do Produto	88	1	Confiabilidade dos produtos em operação	98,6
PME 12	Baixo custo	86	10	Entregas no prazo	98,6
PME 14	Rapidez na entrega	84	7	Produtividade	98,6
PME 24	Oferecer excelente serviço pós-venda	82	17	Volumes de produção	98,6
PME 21	Rapidez no desenvolvimento de novos produtos	80	13	Satisfação dos clientes com o produto	97,1
PME 15	Flexibilidade na entrega	78	4	Custos de garantia	95,4
PME 17	Oferecer Produtos inovadores / Design	76	14	Satisfação dos clientes com o serviço pós-venda	95,4
PME 16	Confiabilidade na entrega	74	18	Atendimento da programação	94,3
PME 18	Customização de Produtos à performance exigida	74	24	Custos dos produtos	93,8
PME 20	Bom relacionamento com os fornecedores	60	21	Relacionamento com fornecedores	92,9
PME 23	Mostrar responsabilidade social e pelo meio-ambiente	60	26	Segurança no trabalho	92,9
PME 19	Satisfazer e motivar os funcionários	60	6	Tempos de ciclo da produção (leadtimes)	92,3
PME 22	Alta automação	40	19	Capacidade de inovação	91,4
			27	Poluição e Resíduos	91,4
			8	Utilização do equipamento em chão de fábrica	90,8
			16	Flexibilidade de entrega	90,0
			20	Controle de estoques	88,6
			15	Flexibilidade de mix de produtos	88,6
			11	Satisfação dos funcionários	88,6
			5	Controle da variação dos processos	88,3
			3	Custos da não qualidade interna	87,1
			9	Tempos de ciclo da operação	86,2
			2	Qualidade interna (refugos e re-trabalhos)	85,7
			12	Grupos de trabalho em melhorias	84,3
			22	Velocidade no desenvolvimentos de novos produtos – DNP	84,3
			25	Automação (implantação/implantada)	82,9
			23	Participação de fornecedores e clientes no DNP	76,9

**Figura 78. Análise dos fatores estratégicos e a importância relativa para os gestores.**

Elaborada pelo autor.

A análise de congruência (Figura 79).

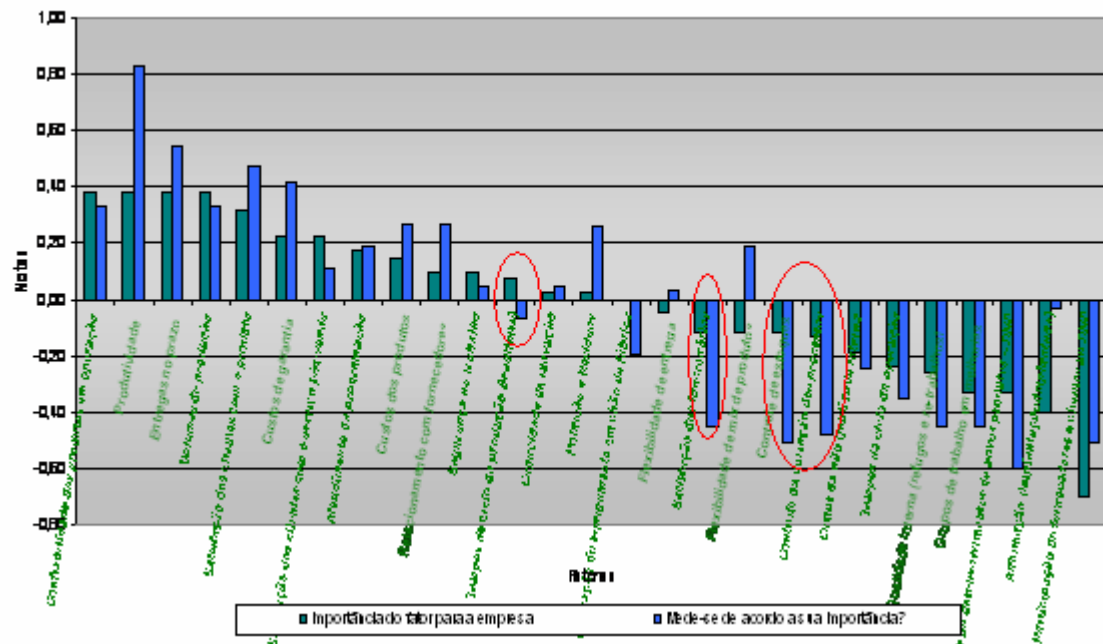


Figura 79. Análise de congruência. Elaborada pelo autor.

A análise de equilíbrio (Figura 80).

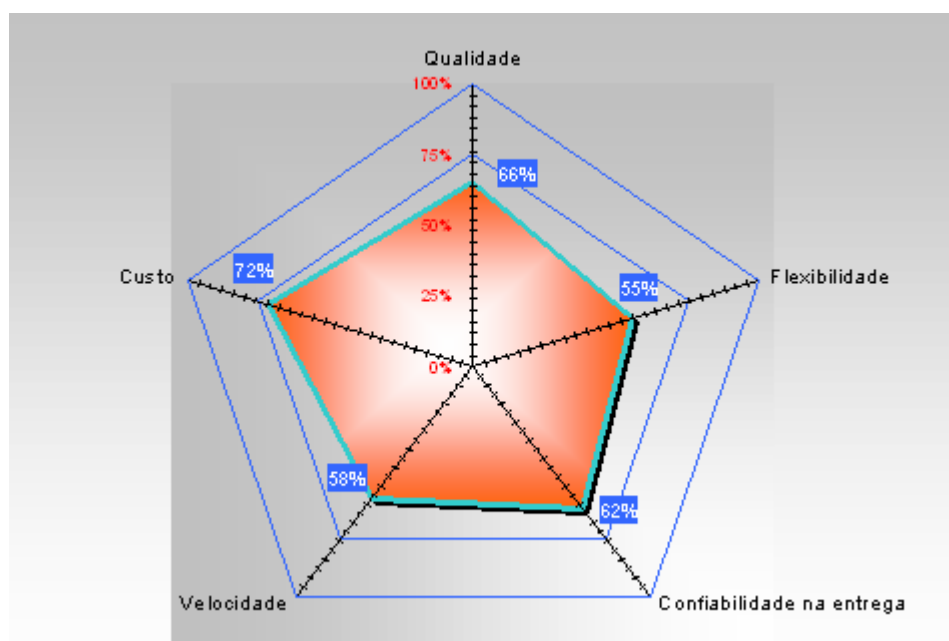
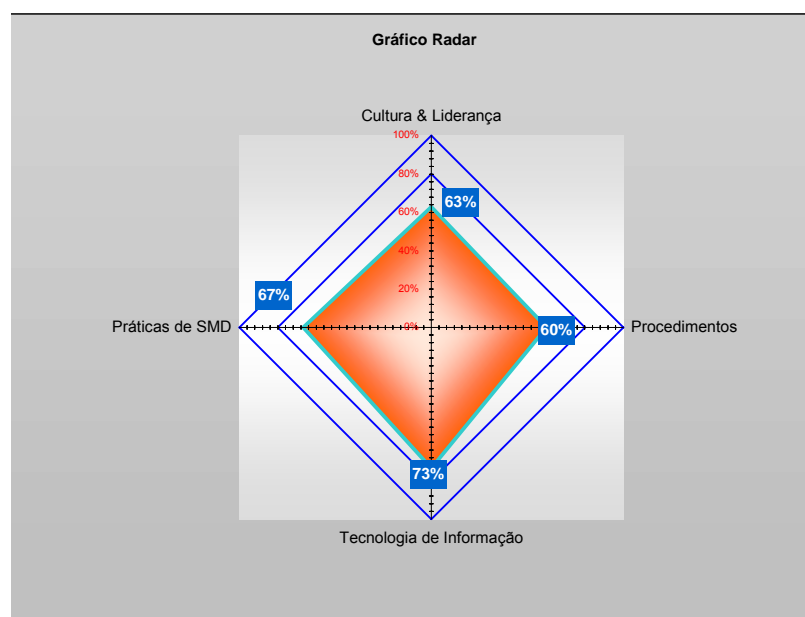


Figura 80. Análise de equilíbrio entre os objetivos de desempenho. Elaborada pelo autor.

E a análise de viabilidade (Figura 81)



**Figura 81. Relação entre práticas facilitadoras para um desenvolvimento de medidas de desempenho. Elaborada pelo autor.**

Conforme Bourne *et alli* (2000) os tipos de mudanças que podem ser realizados sobre as medidas de desempenho existentes na empresa na implementação de um desenvolvimento podem ser classificados em quatro tipos:

1. Medidas eliminadas;
2. Medidas substituídas;
3. Mudanças em metas;
4. Mudanças na definição da medida;

A primeira fase do Diagnóstico, o chamado diagnóstico rápido não é suficiente para determinar os tipos de mudança neste detalhe, é apenas uma ferramenta de avaliação do sistema de medição de desempenho e não das medidas individuais. Ao finalizar este diagnóstico rápido se está em condições de julgar os pontos fortes e fracos do SMD, assim como fatores de desempenho que podem dar surgimento a novas medidas ou à eliminação, substituição, mudanças de medidas individuais.

Porém, o Diagnóstico completo termina uma vez concluída a Etapa de Análise, e aqui sim se chega até o nível de medidas individuais.

### 4.3 Etapa de Análise

Esta etapa junto à **etapa de definição** anterior consolida a definição de especificações do desenvolvimento DAPIU, juntas são chamadas de Diagnóstico Completo. As duas fases têm por objetivo comum preparar o terreno para conseguir apoio na empresa para o desenvolvimento

das modificações do SMD do sistema de manufatura, pois esse é o principal objetivo do Diagnóstico. Na etapa de análise se trabalha para confirmar por meio de maiores evidências os resultados obtidos no diagnóstico rápido, assim como avaliar as medidas que são passíveis de modificação e pontos onde pode ser importante introduzir controles para medir variação dos processos técnicos. Como produto destas duas etapas em conjunto é elaborado um relatório de diagnóstico do SMD do sistema de manufatura da empresa. Este diagnóstico pode estar completo no período entre 4 a 8 semanas depois de iniciado o diagnóstico rápido.

Para realizar esta etapa também é necessário analisar as medidas já existentes para ver quais se ajustam com o modelo de desempenho apresentado no capítulo anterior e avaliar então a abrangência do desenvolvimento do SMD. De fato, uma das atividades mais importantes nesta etapa é identificar as medidas de utilização da capacidade, volumes de produção e medidas financeiras tradicionais da empresa para entender quais são conflitantes com o modelo de excelência operacional para o sistema de manufatura, portanto devendo ser consideradas como uma barreira a ser tratada no posterior desenvolvimento do SMD. O fato de reformulá-las ou até eliminá-las dependerá fortemente do apoio conseguido dentro da empresa e da força do líder patrocinador.

Para isso já se têm elementos de análise no diagnóstico rápido que permitem introduzir à situação e deverá ser revisado atentamente o plano estratégico e tático, com as metas desdobradas, se este existir formalmente.

Nesta etapa também pode ser necessário usar ferramentas estatísticas para estudo de variabilidade. No entanto, seu uso ou não uso será definido pela necessidade do desenvolvimento, já que é filosofia deste método o uso de ferramentas apenas adequado às necessidades de cada projeto.

Ferramentas usadas nesta etapa são:

- O MFV – Mapeamento do Fluxo de Valor: para entender o sistema de manufatura;
- Análise das medidas de desempenho já existentes e do plano estratégico para o sistema de manufatura;
- Mapa–arquétipo para a Excelência Operacional e unidades de desempenho;
- Entrevistas para confirmar o que os gestores operacionais realmente querem do sistema de medição da manufatura.

Outras técnicas consagradas como diagrama espinha de peixe, gráfico de Pareto, histogramas, diagrama de dispersão e planilhas de verificação podem também ser usadas nesta etapa.

#### 4.3.1 Mapeamento de Fluxo de Valor - entendendo o sistema de manufatura para conseguir desempenho excelente

O diagnóstico rápido deve ter respondido à pergunta sobre quais os objetivos de desempenho relevantes para a empresa. Isto permite entrar na etapa de análise para aprofundar os detalhes da medição desses objetivos para o sistema de manufatura. O diagnóstico também indicará se a sincronização dos ritmos de produção é considerada importante e permitirá entender quanto é necessário disseminar este importante objetivo para a excelência operacional.

A técnica chamada mapeamento do fluxo de valor (*value stream mapping*) por Rother e Shook (2003) é usada neste trabalho com o intuito de mostrar claramente os principais processos técnicos é o fluxo de materiais e informação do sistema de manufatura em análise. Esta técnica permite rápida e amigavelmente reconhecer o fluxo de valor dentro do sistema de manufatura e, portanto, organizar a melhoria sistêmica ou kaizen de fluxo segundo os autores do Lléxico Lean (2003).

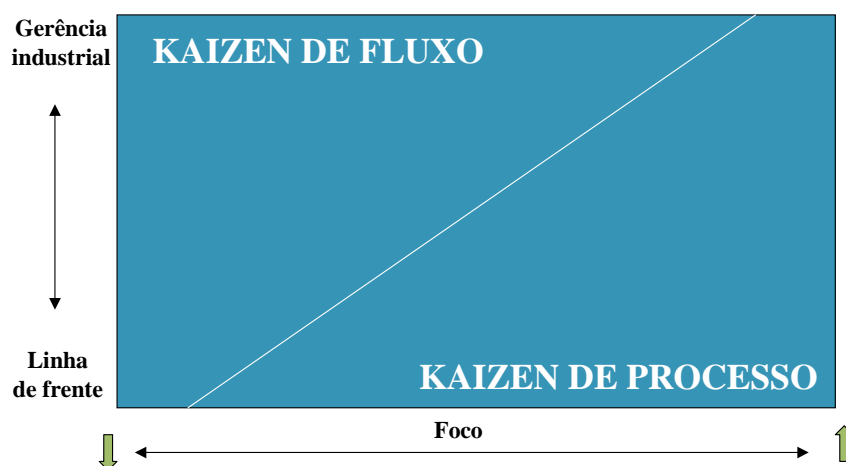
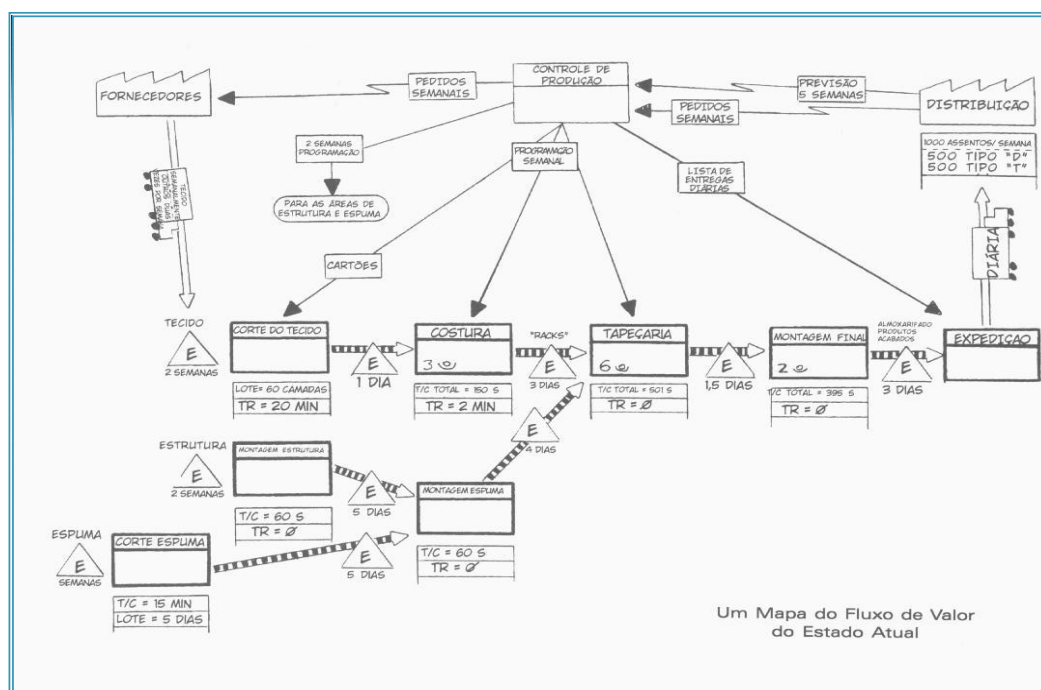


Figura 82. Kaizen de fluxo e kaizen de processo. Lléxico Lean (2003).

O kaizen do fluxo não é nada mais que uma maneira de melhorar os fluxos de valor do sistema de manufatura e não apenas dos processos técnicos pontuais. Adotou-se esta técnica para mapear processos aos tradicionais fluxogramas de processo porque neste mapa as variáveis que se consideram importantes para os quadros de processo são em essência as principais medidas de desempenho para um moderno sistema de manufatura tendo, portanto, grande aderência com o Mapa-arquétipo apresentado no capítulo anterior e que será mostrado mais adiante como uma ferramenta para obtenção de medidas de desempenho relevantes para a excelência operacional. Este tipo de diagrama (Figura 83) é menos detalhado e mais flexível em sua construção que um fluxograma de processo convencional, permitindo a criação de novos ícones que sinalizem os pontos onde são colocadas novas medidas de desempenho. Isto será usado para mostrar onde foram introduzidos diferentes tipos de quadros de disseminação de medidas de desempenho.



**Figura 83. Mapa do estado atual para uma empresa hipotética. Fonte Rother e Shook (2003)**

Para esta etapa de análise é proposta a realização de um *workshop* de trabalho com o mesmo time que participou do questionário por consenso da etapa anterior. Esse *workshop* pode ser realizado com a estrutura de repasse de teoria durante duas a três horas iniciais, com definição de papéis e coletas de informação necessárias para mapear o sistema de manufatura em análise. Por último, depois de realizado o mapeamento a realização de um dia inteiro de trabalho para organizar e validar o mapa final.

O objetivo desta etapa é entender claramente o sistema de manufatura em análise, a introdução do conceito da linha de valor e a discussão sobre as principais medidas e pontos de medição necessários para gerenciar o sistema de manufatura.

#### 4.3.2 A estratégia e organograma para o sistema de manufatura

A estratégia para o sistema de manufatura deve ser repassada junto ao líder patrocinador e comparada com os pontos avaliados pelo diagnóstico rápido. Também é importante encontrar os pontos de confluência e de atrito com o modelo de desempenho proposto neste trabalho. Com esta análise poderá ser determinada a abrangência do projeto. Abrangência diz respeito a quanto vai se investir em medidas de desempenho que fomentem a manufatura enxuta. Podendo apenas se trabalhar em questões de disseminação, desdobramento e de controle da variabilidade de medidas, sem entrar no modelo de desempenho em questão.

O organograma deverá ser repassado mais profundamente que na etapa de preparação do diagnóstico rápido durante a análise para entender quais as funções e quais as hierarquias da empresa, em especial suas atividades desde a diretoria industrial em diante. Isto é necessário

para entender quais os *stakeholders* principais do sistema e as funções e pessoas que deverão participar do time de transformação do sistema de medição de desempenho da manufatura.

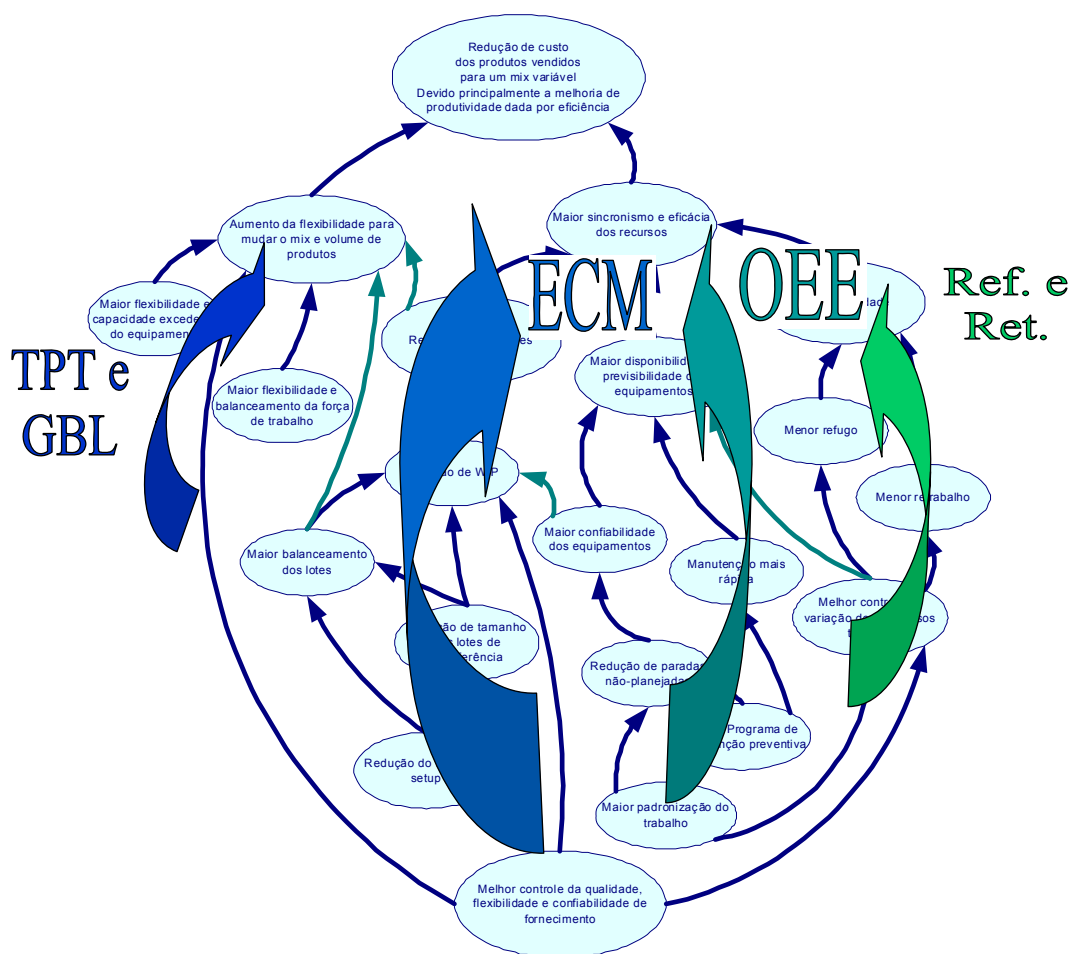
Em especial, é importante detectar quais as funções encarregadas de melhorar a rotina, quais as de melhorar o sistema e quais as de elaborar a estratégia.

A lista de atividades apresentado na Tabela 3 do capítulo 2 é útil para identificar atividades de cada tipo.

#### 4.3.3 O Mapa-arquétipo

O mapa-arquétipo nesta etapa é utilizado para criar foco no desempenho segundo o modelo de excelência operacional para o sistema de manufatura. Ele é utilizado para comunicar os principais fatores de desempenho, seu relacionamento causal e introduzir as principais medidas de desempenho que dele podem resultar. Então é usado como uma ferramenta de treinamento em desempenho e deve ser mostrado no mesmo *workshop* realizado para mapear o sistema de manufatura com parte das atividades do grupo de diagnóstico.

Também é utilizado para assistir na criação do mapa de relacionamento causal definitivo para a empresa, porém isso é feito na etapa de projeto seguinte.



**Figura 84. O Mapa-arquétipo e as principais medidas de desempenho para o sistema de manufatura. Elaborada pelo autor.**

A Figura 84 mostra as principais medidas de desempenho propostas neste trabalho para o sistema de manufatura e como representam os principais objetivos de desempenho. Na prática todas as medidas estão relacionadas e isso pode ser visto por meio das setas claras do diagrama que mostram relacionamento positivo entre ramificações de diferentes objetivos de desempenho.

#### 4.3.4 Análise individual das medidas de desempenho

A ferramenta apresentada nesta seção surgiu como resultado da pesquisa-ação que se mostrará no capítulo 5. Durante a pesquisa de campo mostrou-se necessária uma ferramenta que permita focar a análise de cada medida individual do SMD, depois do uso do diagnóstico rápido para avaliar o SMD. Na etapa de diagnóstico rápido se faz uma introdução a esta análise, explorando questões sobre disseminação, qualidade e abrangência de certas medidas consideradas adequadas segundo o modelo de desempenho para a excelência operacional. Porém, essa não é uma ferramenta de análise de cada medida, pois nessa etapa não se planejou tempo para fazer uma análise detalhada como essa.

Também durante a pesquisa-ação observou-se que os elementos necessários para desenvolver uma ferramenta focada estavam presentes. Estes elementos são os elementos constituintes da identidade de uma medida que são explicados em detalhe na seção 4.4.3. Ao estudo pelo cumprimento de uma boa identidade foi agregada uma análise da importância de cada medida sob uma perspectiva da contribuição à estratégia, à legislação vigente e em geral ao funcionamento da empresa em questão.

Na Tabela 15 aparecem as características desejadas para cada medida de desempenho levantada por autores conceituados, esta lista então tornou-se a base para uma ferramenta que poderá assinar uma nota subjetiva outorgada por o time de diagnóstico a cada critério.

Assim se elaborou um formulário (Tabela 17) de características desejadas que permitirá colocar uma nota final a cada medida, ajudando desta forma a priorizar o re-projeto de cada uma delas. A presença de membros da empresa é fundamental para esta avaliação, pois é inerentemente subjetiva e é necessário consenso para pontuar corretamente o formulário. O facilitador também é muito importante, pois cabe a ele guiar o processo seguindo o roteiro predeterminado para cada medida, exemplificando e questionando o grupo de trabalho para chegar a um consenso adequado.



Tabela 17. Formulário para avaliação de cada medida do SMD. Elaborado pelo autor.

<b><u>Característica Negativa</u></b>	<b>Escala</b>					<b><u>Característica Positiva</u></b>
Não usada em revisões críticas de desempenho	1	2	3	4	5	Usada em revisões críticas de desempenho
Não necessária	1	2	3	4	5	Indispensável
Nome não possibilita identificação	1	2	3	4	5	Nome possibilita identificação facilmente
Definição pouco clara	1	2	3	4	5	Definição clara
Propósito não definido	1	2	3	4	5	Propósito claramente definido
Fórmula sem proporção	1	2	3	4	5	Fórmula com proporção
Uso de ponderação questionável	1	2	3	4	5	Uso de ponderação claramente justificável
Baseada em desempenho individual	1	2	3	4	5	Baseada em desempenho grupal
Frequência inadequada de medição	1	2	3	4	5	Frequência adequada de medição
Pouca confiança nos dados	1	2	3	4	5	Confiança total nos dados
Responsável pela coleta não definido	1	2	3	4	5	Responsável pela coleta claramente definido
Procedimento de medição sem controle	1	2	3	4	5	Procedimento de medição auditado
Difícil de medir	1	2	3	4	5	Fácil de medir
Sem relacionamento causal com outras medidas	1	2	3	4	5	Com relacionamento causal com outras medidas
Má visualização	1	2	3	4	5	Boa visualização
Sem meta	1	2	3	4	5	Meta clara e atualizada
Sem benchmark	1	2	3	4	5	Benchmark claro e atualizado
Induz comportamento indesejado	1	2	3	4	5	Induz comportamento desejado

Durante o seu preenchimento, quando forem necessários dados não disponíveis para chegar ao consenso poderão ser deixados campos em branco até contar com a suficiente informação para pontuar.

#### 4.3.5 5 Porquês

Esta ferramenta é uma maneira de lembrar ao observador que o que pode parecer o problema é na verdade a manifestação do problema, havendo causas fundamentais que são o verdadeiro problema a resolver. A sua função é indagar se o problema aparente é o problema mesmo, ou um efeito do problema, ou até uma solução ao problema. Em última instância esta ferramenta é

para lembrar às pessoas que sempre pode se ter uma causa mais fundamental que é o lugar exato para usar como ponto de alavancagem da melhoria definitiva e não apenas atuação sobre causas que geram resultados paliativos.

Dentro desta técnica deve ser usado também o elemento temporal. Qualquer problema tem uma tendência no tempo, a variável investigada pode estar caindo ou aumentando consistentemente, intermitentemente ou caoticamente, isto dá pistas sobre os tipos de causas que podem estar atuando sobre a variável.

#### 4.3.6 5W 1H

Esta ferramenta é uma lista de verificação que permite conhecer integralmente uma determinada operação ou situação dentro do sistema de manufatura. O seu nome provém do inglês (5W: What, Who, Where, When e Why – 1H: How). Pode ser utilizada tanto para o entendimento dos processos principais da empresa, quanto para o entendimento dos procedimentos de medição existentes.

**Tabela 18. Tabela resumo do método 5W 1H. Elaborada pelo autor.**

<b>WHAT</b>	<b>QUE</b>	Que operação é esta? Que medição é esta?
<b>WHO</b>	<b>QUEM</b>	Quem conduz esta operação? Qual o setor responsável? Quem conduz a medição?
<b>WHERE</b>	<b>ONDE</b>	Em que lugar é conduzida a operação? Em que lugar é feita a medição?
<b>WHEN</b>	<b>QUANDO</b>	Em que turnos a operação é conduzida? Com que frequência? Qual a frequência de medição?
<b>WHY</b>	<b>POR QUE</b>	Por que a operação é necessária? Por que a medição é feita? É funcional a que?
<b>HOW</b>	<b>COMO</b>	Como a operação é realizada? Como a medição é realizada, quais os procedimentos?

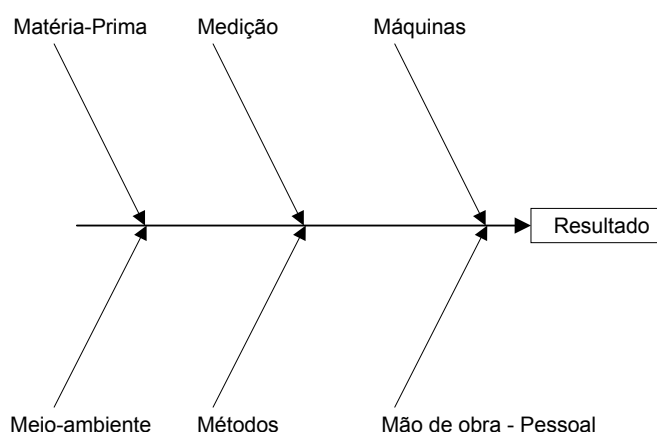
Esta ferramenta pode e deve ser usada basicamente para gerar estratificação na coleta de dados de problemas de gestão da rotina. Também é muito útil para gerar os planos de ação de bloqueio de desvios e qualquer plano de ação em geral.

#### 4.3.7 Diagrama espinha de peixe

Para uma análise causal detalhada e sistematizada para a melhoria de um resultado indesejável (indesejável como aqui colocado não necessariamente indica reatividade, pois pode ser indesejável e plausível de melhoria só porque foi tomado como o mais novo desafio gerencial, isso é pró-ativo) nada melhor que o gráfico de causa e efeito de Ishikawa

(ISHIKAWA, 1968). Esta ferramenta também permite mostrar claramente medidas de resultado e seu relacionamento com as medidas direcionadoras. Junto com o diagrama de Pareto se transformam nas duas ferramentas indispensáveis para desdobrar medidas de desempenho a todos os níveis hierárquicos e funções do sistema de manufatura.

Como essencialmente o sistema de manufatura é um processo (o processo de agregação de valor aos bens de empresas de manufatura) é usual encontrar na literatura um diagrama de Ishikawa padrão com as 6M's:



**Figura 85. Diagrama de Ishikawa típico. Adaptado Ishikawa (1968).**

As 6M's como rótulos do diagrama são muito úteis para resolver problemas operacionais que acontecem nos processos técnicos. Para construir um bom diagrama de Ishikawa é prática comum juntar um grupo de pessoas com conhecimento sobre o problema e trabalhar em conjunto numa primeira aproximação. Com este diagrama responde-se sobre como ocorrem os problemas, no entanto é necessária uma maneira de saber quais os problemas ou falhas identificadas que são mais relevantes para resolver o problema e porque não, encontrar algum problema que passou por alto na primeira aproximação. O método de estratificação e o diagrama de Pareto vêm a resolver esta outra questão.

#### 4.3.8 Diagrama de Pareto

O diagrama de Pareto é a saída visível do que poderia ser chamado método de estratificação de problemas ou simplesmente método de Pareto segundo Campos (1994). O método de estratificação é um método universal de priorização de problemas de todo tipo para saber quais são as causas relevantes e quais não para um problema agregado, permitindo assim dividi-lo em problemas menores.

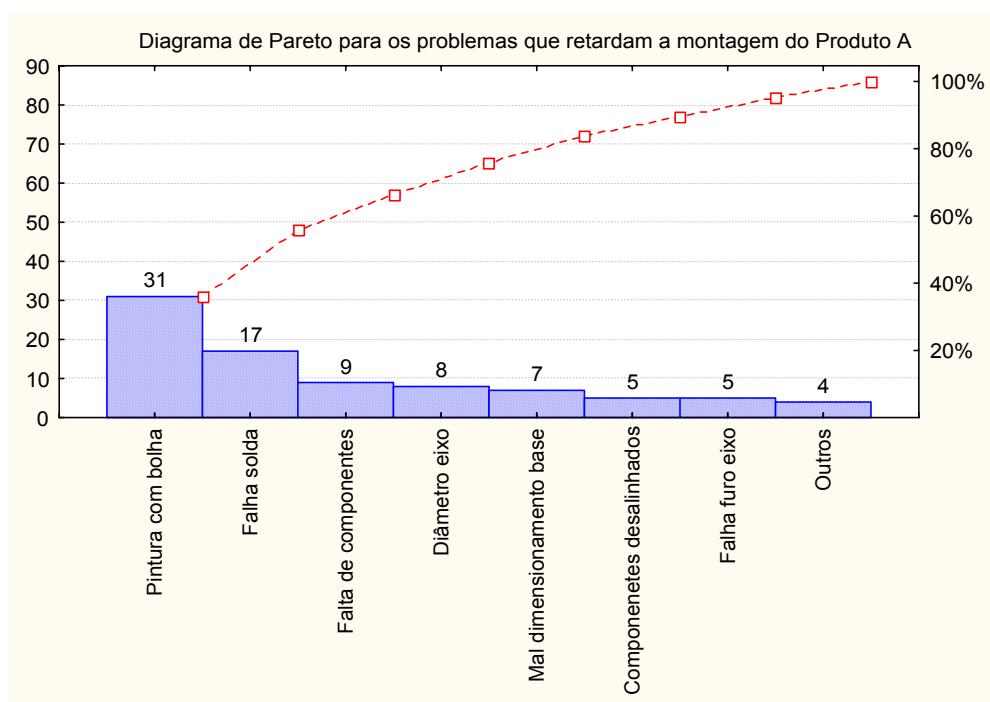
A estratificação é uma forma de separar um problema em categorias de causas respondendo à pergunta: como ocorrem os problemas? Para responder a este problema pode-se atuar chamando a uma reunião de especialistas e obter uma lista das ocorrências, também um bom

SMD pode ajudar nesta tarefa se o problema em questão já está sendo medido e com a suficiente estratificação dos dados para responder à pergunta sem ter que recorrer a uma reunião. Em qualquer caso o SMD deve permitir ir carregando a base de dados de categoria de problemas como uma memória residente do conhecimento das pessoas da empresa sobre seu sistema de manufatura.

Feita uma proposta de categorização (recomenda-se não usar mais de 6 categorias e a categoria “outros”) deve-se organizar uma lista de verificação que permita encontrar o número de ocorrências em cada categoria. Deve-se tomar o cuidado de definir claramente o critério de quando a ocorrência entra na categoria.

Uma vez realizados estes passos de estratificação é usado o diagrama de Pareto para priorizar. Note-se que o diagrama é apenas um histograma por categorias ordenado de maior a menor, de fato existe uma função de densidade e distribuição de probabilidade associada à forma deste diagrama. É a distribuição de Pareto.

No exemplo da Figura 86 se pode ver que os dois primeiros problemas representam  $31+17 = 48/86 = 56\%$  de todos os problemas. É um bom lugar para começar a melhoria.



**Figura 86. Diagrama de Pareto para os defeitos ao montar um Produto A hipotético.**

O diagrama é ordenado por problemas principais e é uma das ferramentas mais úteis para os gestores operacionais.

#### 4.3.9 Ferramentas estatísticas aplicadas à análise

As ferramentas apresentadas nesta seção são técnicas estatísticas básicas que permitem tirar conclusões sobre as medidas de desempenho em uso. O fato de poder limpar ruídos de sinais é extremamente útil às análises e por isso, deve ser introduzido no diagnóstico rápido e formar parte do diagnóstico completo. Nesse sentido pode ser necessária a realização de um *workshop* específico para treinar estas técnicas, devendo ser oferecido e combinado com o líder patrocinador e devendo ser ministrado para as pessoas que estão participando do diagnóstico e participarão do time de transformação para o projeto e implementação de novas medidas de desempenho.

Conceitualmente, uma série temporal é um arranjo cronológico de dados com o intuito de encontrar algum padrão utilizável para predições futuras ou simplesmente para comprovar que não existem outros padrões que os não aleatórios (STEVENSON, 1986). Esta definição é útil para este trabalho porque essa é a principal característica de uma medida de desempenho. Trata-se de analisar e extrair informação de séries temporais sem relacionamento histórico entre os dados e séries temporais com relacionamento histórico entre os dados. O controle estatístico de qualidade é o arcabouço teórico que melhor contempla isto.

O diagrama de correlação – *scatter* – junto ao coeficiente de regressão  $r$  de Pearson para determinar graus de regressão são ferramentas muito úteis nesta primeira análise.

##### 4.3.9.1 Correlação entre variáveis - Coeficiente $r$ de Pearson

O estudo de correlações simples entre duas variáveis aleatórias pode ser muito bem entendida por meio do estimador  $r$  de Pearson (Pearson, 1896 *apud* NIST, 2005). Este estimador é uma medida do grau de relação entre duas ou mais variáveis, calculado segundo a seguinte equação:

$$r = \frac{\frac{1}{n} \sum (x - \bar{x})(y - \bar{y})}{\sigma_x \cdot \sigma_y} \quad \text{Equação 43}$$

Onde  $x$  e  $y$  são valores das variáveis em estudo e  $n$  é o número de pares de dados.

Este coeficiente varia entre [-1; 1] sendo uma correlação perfeitamente negativa se o valor for -1 e perfeitamente positiva se for 1. Espera-se de variáveis não relacionadas um valor próximo de 0. Elevando  $r$  ao quadrado obtém-se o coeficiente de determinação  $r^2$  cuja interpretação é simples e poderosa, no valor deste número se explica quanto da variação é explicada pela correlação (MONTGOMERY e RUMGE, 2003). Por exemplo, se  $r^2 = 0,55$  então 55% da variação é explicada, e 45% da variação é resíduo ou erro.

Como se está utilizando uma estimativa é importante saber qual o grau de confiança que se pode ter para considerar duas variáveis correlacionadas. O teste de significância pode ser feito de mais de uma maneira. Fisher *apud* Daniel (2006) desenvolveu uma transformação que converte o  $r$  de Pearson no estimador  $z'$ :

$$z' = 0,5 \cdot [\ln(1+r) - \ln(1-r)] \quad \text{Equação 44}$$

com uma variância conhecida (Equação 45):

$$\sigma_{z'} = \frac{1}{\sqrt{n-3}} \quad \text{Equação 45}$$

onde  $n$  é o número de pontos da amostra.

Isto permite testar hipótese diretamente com a distribuição normal padrão  $Z$ . Assim para saber se a correlação é significativa com um 95% de confiança ( $\alpha = 0,05$ ):

$H_0$ : não é significativa

$H_1$ : é significativa

$$\frac{\mu - z'}{\sigma_{z'}} = A > \text{ou} < z_{0,05} ? \quad \text{Equação 46}$$

Se  $A > z_{0,05}$  então é significativa, se  $A < z_{0,05}$  não é significativa.

Uma forma simplificada e aproximada proposta no manual da Western Electric é (WEC, 1956): multiplique-se  $r$  de Pearson por  $\sqrt{n}$ ; se este valor é maior que 3 considere a correlação significativa, se for menor considere não significativa.

$$r\sqrt{n} \Rightarrow 3? \quad \text{Equação 47}$$

Já Montgomery e Runger (2003) apresentam a estatística apropriada como:

$$t_0 = \frac{r\sqrt{n-2}}{\sqrt{1-r^2}} \Rightarrow t_{(0,05;n-2)} \quad \text{Equação 48}$$

Também se pode testar a significância por meio de análise de variância, porém isso será apresentado na seção 4.6.5.2, na apresentação de testes de significância de variáveis que explicam efeitos.

#### 4.3.9.2 Correlação entre variáveis - encontrando a reta de regressão

Dadas duas variáveis aleatórias pode ser encontrada uma reta de regressão que ajuste o conjunto de pontos da melhor maneira possível. Esta reta é definida como a reta que minimiza a soma dos quadrados dos desvios entre os pontos verdadeiros e os pontos calculados pela reta, conhecido como o “método dos mínimos quadrados”.

As equações são:

$$y = mx + c \quad \text{Equação 49}$$

com:

$$m = \frac{\sum xy - \frac{(\sum x)(\sum y)}{n}}{\sum x^2 - \frac{(\sum x)^2}{n}} \quad \text{Equação 50}$$

$$c = \frac{(\sum x)(\sum xy) - (\sum y)(\sum x^2)}{(\sum x)^2 - n(\sum x^2)} \quad \text{Equação 51}$$

A reta deverá passar pelas médias de  $x$  e  $y$ .

Pode-se ainda colocar um intervalo de confiança ao redor da reta de regressão, usando o estimador  $r$  da seção anterior. Primeiro calcula-se o desvio padrão da estimativa da seguinte maneira (WEC, 1956):

$$\sigma_e = \sigma_y \cdot \sqrt{1 - r^2} \quad \text{Equação 52}$$

Com o estimador se estabelece um controle  $3\sigma$  em torno da reta de regressão.

Depois de feito este estudo deve-se concluir o seguinte, quando uma correlação resulta significativa existem três possibilidades:

1. V1 e V2 não estão relacionadas e a aparente relação é apenas coincidência
2. V1 e V2 estão relacionadas, mas tem alguma outra variável comum que é a causa
3. V1 e V2 têm relação causal.

Existem vários problemas com o estimador  $r$  que devem ser contornados com o uso intensivo de diagramas de dispersão. Estes gráficos ajudarão a distinguir problemas como:

1. Outliers;
2. Grupos de dados pertencentes a diferentes populações;
3. Relações não-lineares.

Por último, um detalhe estatístico. Para esta análise foi considerado o regressor  $x$  como aleatório e usou-se o estimador  $r$  de Pearson porque este é o caso mais geral de análise no chão de fábrica, onde muitas vezes não se tem controle sobre os dados de entrada dos regressores. Porém se teria chegado a resultados similares fazendo a suposição de que o

regressor  $x$  é uma variável matemática sob controle (MONTGOMERY e RUNGER, 2003). Nos estudos com regressão linear múltipla (seção 4.6.5.2) trabalha-se com o modelo de variação aleatória apenas da variável dependente  $y$  sem perda de continuidade.

Note-se que este é o principal teste para ver correlação entre medidas de desempenho. Não se devem procurar soluções mais sofisticadas que esta para medição de desempenho em sistemas de manufatura. Havendo suspeita de correlação devem ser colocadas as duas medidas de desempenho em um diagrama de dispersão e calculado o coeficiente de regressão. Com isto alcança para ter uma boa aproximação inicial.

Com o uso adequado destas ferramentas se desenvolve a etapa de análise que junto à etapa de definição visam desenvolver o senso de necessidade de fazer alguma mudança no SMD da manufatura da empresa. Estas duas etapas formam o aqui chamado **diagnóstico**. Como resultado destas etapas o time de diagnóstico contará com uma apresentação e discussão de resultados, além de um relatório detalhado onde se propõem as principais linhas de mudança. Se alcançado consenso sobre a mudança pode se dar início ao desenvolvimento de novas medidas, desenvolvimento dividido em três etapas: projeto, implementação e uso piloto.

#### 4.4 Etapa de Projeto de medidas

Medidas de desempenho são uma forma específica de transmitir informação dentro da empresa. Portanto, desconsiderar aspectos comportamentais em um desenvolvimento de SMD é um erro que não se deve cometer. Projetos inteiros fracassam por aspectos relacionados à implementação e uso dos SMD (DE WAAL, 2002). No Quadro 5 apresenta-se um resumo dos principais aspectos comportamentais a levar em consideração em cada uma das três etapas importantes do desenvolvimento de SMD.

**Quadro 5. Considerações comportamentais para SMD. Adaptado De Waal (2002).**

Considerações comportamentais para Desenvolvimento de SMD									
Considerações para o Início do projeto				Considerações no Projeto				Considerações na Implementação e Uso	
Gestores identificam uma necessidade de desenvolvimento clara	Gestores concordam com o início do projeto	Gestores não tiveram experiências anteriores negativas com medidas de desempenho	Gestores visualizam uma potencial melhoria futura devido ao desenvolvimento	Gestores entendem claramente o significado das medidas propostas	Medidas alinhadas com a área de responsabilidade dos gestores	Medidas negociadas hierarquicamente	Especialistas em Sistemas de Informação são envolvidos nesta fase	Gestores concordam com a mudança nas medidas	Gestores não visualizam uma ameaça nas medidas projetadas
								Resultados abertamente comunicados	Medidas de desempenho anteriores não são muito diferentes
								Gestores podem atuar sobre as medidas	Implementação piloto em área de grande potencial para ver resultados rápidos
								Gestores podem fazer análises relacionando medidas	Gestores podem confiar nas medidas
									Gestores da alta hierarquia usam as medidas



Como já dito, De Wall (2002) por meio de um estudo de caso múltiplo em organizações de Holanda chegou a conclusão o sucesso ou insucesso do novo SMD se define principalmente no estágio de uso inicial das medidas. Isto mostra que as questões comportamentais da organização não podem ser desconsideradas sob pena de aumentar grandemente as chances de fracasso do projeto SMD. O autor apresenta a proposição de que a maior necessidade dos gerentes do sistema de manufatura é encontrar ferramentas que o ajudem a resolver os seus problemas de desempenho do dia-a-dia por sobre todas as outras necessidades e por isso concordaram em fazer o exercício de projeto do SMD. As características mais importantes para os gestores são (De Wall, 2002):

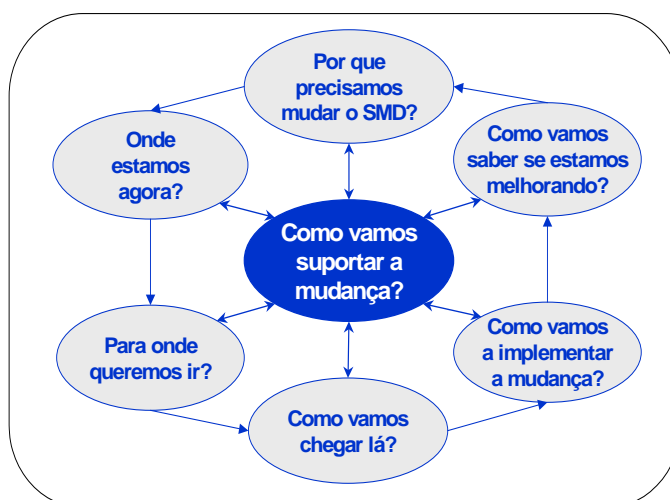
- Entender a contribuição de cada medida;
- Entender bem a relação entre as medidas e o seu processo;
- Poder fazer análises com as medidas;
- Entender a importância das medidas para o desempenho do processo;
- SMD anterior conter medidas similares às novas;
- Medidas alinhadas com as áreas de responsabilidade de cada gestor;
- Poder influenciar as medidas alocadas a eles.

Neste método estas questões já começaram a ser visualizadas, discutidas e contornadas na etapa de definição, por meio do diagnóstico rápido do desenvolvimento conjunto do mapa-arquétipo e do MFV. A proposta geral desta tese para tratar melhor estas questões é envolver os usuários principais das medidas nos estágios iniciais de diagnóstico e projeto para aumentar as chances reais de uso. Por isso a composição dos grupos e efetiva participação das pessoas na etapa de diagnóstico são tão importantes.

#### 4.4.1 Criando infraestrutura para suportar a mudança - *humanware*

Substituir o SMD atual da empresa por um novo SMD é essencialmente uma mudança e, portanto, é extremamente importante criar uma estrutura adequada para suportá-la. Essa infraestrutura é o *humanware* de Campos (1992).

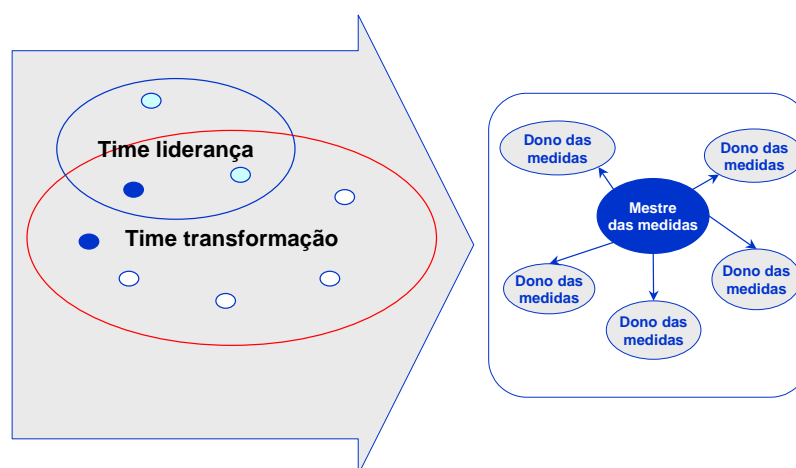
Rentes (2000) trata este assunto de maneira muito operacional e por isso é a referência para esta seção. Utiliza-se o modelo de referência de sua metodologia para transformação, respondendo às seguintes perguntas como mostra a Figura 87.



**Figura 87. Perguntas que devem ser respondidas para a mudança. Adaptada Rentes (2000).**

Não é casualidade que no centro apareça o suporte para a mudança. Para que esse suporte seja efetivo será necessário escolher cuidadosamente os membros e os times de trabalho, elaborar um treinamento adequado e ter um plano de ação claro e entendido pelo *humanware* de transformação.

Para levar adiante o esforço de mudança do SMD precisa-se de um time de transformação e de um time de liderança para conduzir o processo de projeto. Isto é mostrado na Figura 88, junto à configuração definitiva esperada de mestre de medidas e donos das medidas.



**Figura 88. A configuração mínima de *humanware* para a mudança do SMD.**

Em particular, o líder do time de transformação tem as seguintes atribuições:

- Coordenar o trabalho do time principal de desenvolvimento;
- Programar atividades conjuntas com os assessores/pesquisadores do desenvolvimento;
- Responder perante o líder patrocinador;

- Conhecer os principais problemas do sistema de manufatura e ter poder para contatar as pessoas chave da empresa.

Já o mestre das medidas tem as seguintes atribuições:

- Responsável final pela coleta de dados para as medidas de desempenho;
- Responsável pela consolidação de gráficos e relatórios para os painéis de gestão à vista e reuniões de revisão do desempenho;
- Responsável pelas melhorias nos gráficos e na visualização em geral;
- Responsável por treinamentos para usuários das medidas;
- Responsável pela adaptação e manutenção das medidas no ponto central de arquivo das medidas.

Finalmente os donos das medidas são:

- Responsáveis pelo levantamento e consolidação das medidas de desempenho próprias;
- Responsáveis pelas melhorias no levantamento de dados e cálculo das medidas;
- Responsáveis pela garantia da confiabilidade de cada medida própria.

Criar a infraestrutura para a mudança é o mais importante nesta etapa, pois é a melhor forma de poder atender os requisitos destacados como importantes para iniciar o projeto. O projeto deve ser lançado com acordo prévio do líder patrocinador e líder de transformação sobre a data de início e fim. Os elementos necessários para apresentar claramente a necessidade de mudança e visualizar a melhoria possível pelo uso das medidas estão contidos no **Relatório Diagnóstico** resultado das etapas anteriores.

Ferramentas que podem ser utilizadas para ajudar na comunicação e na criação de consenso são o mapa-arquétipo, as unidades de desempenho, o mapa de fluxo de valor, todos já apresentados. Também o Relatório A3, além das tradicionais ferramentas multiuso: o método de Pareto e o diagrama de Ishikawa.

#### **4.4.1.1 O relatório A3 adaptado**

Esta ferramenta é usada regularmente pelos operadores da Toyota Motor Co. e empresas de sua cadeia de fornecimento (ROTHER E SHOOK, 2003). Neste trabalho, é usada para mostrar os estados atual e futuro e para criação do plano de ação, tanto do SMD como entidade quanto das medidas individuais.

Nas figuras a seguir se apresentam as duas grandes partes do relatório A3 adaptado que se utiliza neste método.



Por isso no capítulo anterior foram apresentadas unidades de desempenho padrão que devem ser utilizadas como passo inicial para desenvolver um relacionamento causal para cada grande objetivo de desempenho.

Como já relatado, o sistema de manufatura é complexo, normalmente existindo um conjunto grande de causas para um resultado e, para complicar de vez, com laços causais fechados. Por isso é que a proposta deste trabalho é que para poder entender relativamente bem um determinado resultado é necessário trabalhar com um conjunto mínimo de medidas relacionadas por causa-efeito. Neste trabalho são apresentadas duas ferramentas para ajudar neste desenvolvimento, as duas baseadas no modelo de excelência operacional apresentado no capítulo anterior: o mapa-arquétipo e as unidades de desempenho.

As unidades de desempenho foram desenvolvidas como uma especialização do mapa-arquétipo para cada objetivo de desempenho diferenciado do sistema de manufatura. Cada medida da unidade de desempenho pode em realidade ser composta de uma família de medidas e deve ser suportada por medidas direcionadoras para a obtenção de resultados, praticando assim o desdobramento a todos os lugares do sistema de manufatura.

As duas principais vantagens de formalizar o relacionamento entre medidas é que se mostram claramente os pontos de ação e se podem desenvolver mecanismos para testar o relacionamento. Os mecanismos são apresentados nas seções 4.6.5.1, 4.6.5.2 e 4.6.5.3.

#### **4.4.1.3 Uso das outras ferramentas**

O mapa-arquétipo e as unidades de desempenho padrão são usados para criar contexto, fornecer os fatores chaves de sucesso do sistema de manufatura e ponderar a possibilidade de síntese entre um ou mais problemas sob análise pelo time de transformação. Por criar contexto entende-se posicionar a todos os participantes na importância dos problemas sendo atacados para os objetivos de desempenho, seus principais relacionamentos com outros fatores, e avaliação qualitativa da importância perante os outros fatores em análise.

O mapa de fluxo de valor é usado para criar senso de localização da ação a ser medida pelo fator dentro do sistema de manufatura, assim permite entender se o fator em estudo está relacionado ao fluxo de informação, ao fluxo de materiais, se está mais próximo dos fornecedores e processos a montante, ou próximo da demanda e da entrega ao cliente. Complementa o entendimento do sistema de manufatura junto com o mapa-arquétipo e as unidades de desempenho.

Outras duas ferramentas usadas para a obtenção de medidas de desempenho pelo time de transformação são o método de Pareto e o diagrama de Ishikawa. Para o projeto de medidas são usadas em forma conjunta, a primeira para obter os principais pontos de análise e candidatos a medição dentro de um determinado fator de desempenho relevante para a empresa, e a segunda para discutir sobre as principais causas que determinam o comportamento do fator de desempenho. Para esse objetivo são usadas junto com as unidades de desempenho padrão.

#### 4.4.2 Obtendo medidas de desempenho

Esta seção é reservada para explicar o mecanismo de obtenção de medidas de desempenho para o sistema de manufatura, segundo o modelo de desempenho proposto. A força do modelo de excelência operacional apresentado no capítulo anterior reside em que existem fundamentos sólidos de que é um bom modelo de desempenho para a manufatura e em que apresenta um relacionamento causal coerente entre os seus principais objetivos de desempenho. Os fatores de desempenho também são coerentes com o relacionamento causal dos objetivos de desempenho, pois foram desdobrados dele, restando então a questão de introduzir o modelo no desdobramento de medidas de desempenho.

Desdobramento formal de medidas para atingir os resultados internos esperados parece ter sido atacado por primeira vez pelo desdobramento pelas diretrizes (*"hoshin kanri"*) e com diferentes agregados e focos, todas as propostas modernas para medição de desempenho são uma variação do desdobramento pelas diretrizes, inclusive conceituados sistemas como o Balanced Scorecard. Neste trabalho não se procura fazer diferente nesse sentido e de fato se tentará mostrar claramente o relacionamento entre esta proposta de desdobramento e o desdobramento pelas diretrizes. Em particular, como o modelo de desempenho baseado na excelência operacional participa do desdobramento de medidas.

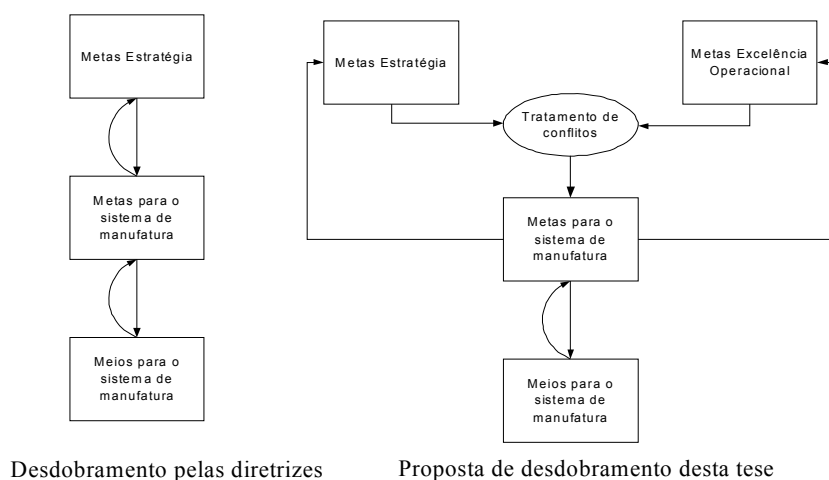
Segundo Campos (1994) o gerenciamento pelas diretrizes é uma forma de gerenciar o desempenho da empresa através da:

1. Visão estratégica da empresa;
2. Direcionamento da gestão da rotina do dia-a-dia.

A proposta do método e do modelo de desempenho é que o desdobramento de medidas para o sistema de manufatura deve ser feito desde:

1. Visão estratégica para a empresa,
2. Utilização do modelo de desempenho para o sistema de manufatura como guia para a para atingir a excelência operacional, com tratamento de conflito em caso de visões estratégicas que possam prejudicar o sistema de manufatura;
3. Direcionamento da gestão da rotina do dia-a-dia do sistema de manufatura.

Quase sem diferenças, apenas o fato de que a estratégia para o sistema de manufatura deve ser elaborada levando em conta a excelência operacional e suas implicações:



**Figura 91. Diferença entre o desdobramento pelas diretrizes e o desdobramento proposto nesta tese. Elaborada pelo autor.**

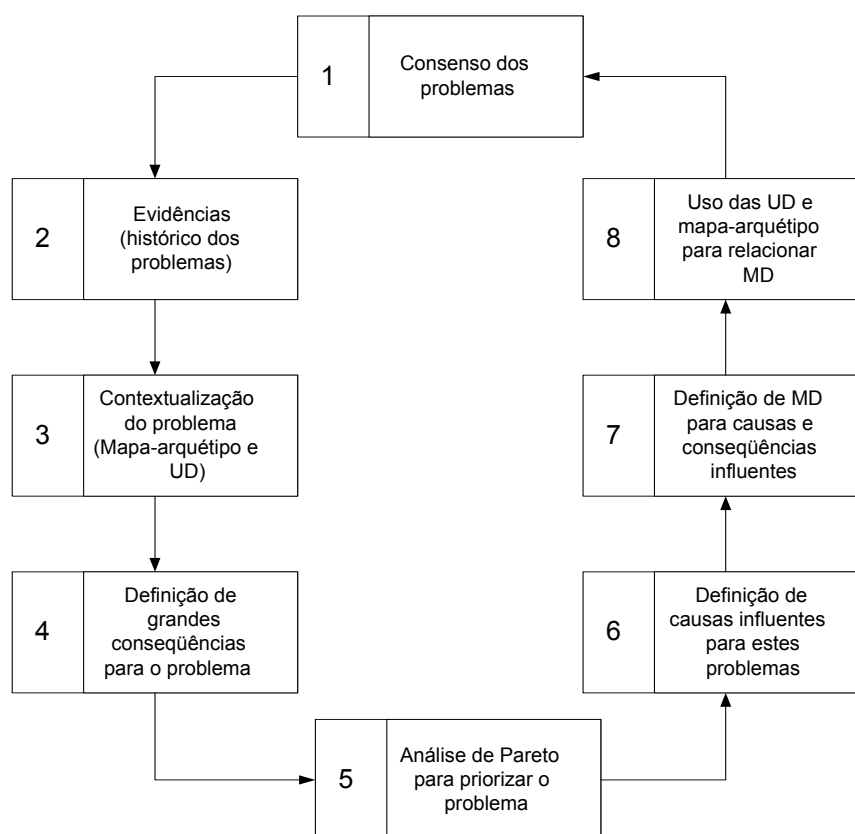
Qualquer questão estratégica para o negócio que não esteja direcionada para o sistema de manufatura e sim para outros processos, sem demonstrar conflito com o modelo de desempenho para o sistema de manufatura, pode ser desdobrada até a rotina. Quando forem estratégias desdobradas do negócio para o sistema de manufatura devem obrigatoriamente ser tratadas seguindo o modelo de desempenho. O modelo contempla uma estratégia de redução de custos, aumento de flexibilidade, velocidade, qualidade e confiabilidade na entrega.

A proposta é que os gestores operacionais tenham ferramentas para interferir positivamente na hora de definir metas para o sistema de manufatura provenientes da estratégia do negócio.

De igual maneira que o *hoshin kanri*, considera-se a gestão da rotina como base da excelência operacional e de qualquer outro processo da empresa. Desdobrar até a rotina é muito importante e há evidências de que isto é normalmente esquecido. Martins (1999) relata em seu estudo de caso múltiplo: “A adoção de sistemas de medição de desempenho para fins específicos, conforme os observados nas Empresas B e C, podem ter ocorrido devido ao fato de a maioria dos sistemas ter sido concebida para atender às necessidades de controle da gerência dos níveis estratégico e tático. Outras evidências nesse sentido são a planilha construída pelo supervisor de produção da Empresa E para suprir necessidades de informações diárias em relação ao lead time, e a medição do ciclo de fabricação numa operação considerada gargalo na Empresa D”. Estas medidas foram iniciativas isoladas de supervisores. Quando não se tomam as devidas precauções de desdobrar uma medida até a rotina aparecem problemas de agregação demais da informação e de frequência insuficiente dos dados. (MARTINS, 1999).

Como para desdobrar medidas até a gestão da rotina exige mais e mais especificidade, as medidas deverão formar parte de famílias de medidas que indicarão como se estão saindo as famílias de produtos, diferentes setores, diferentes características de produtos, diferentes células e até diferentes equipamentos. O desdobramento efetivo até a rotina vai depender muito da qualidade das revisões críticas de desempenho.

Em síntese, o método de desdobramento é o desdobramento pelas diretrizes condicionado para o sistema de manufatura pelo modelo de desempenho chamado de excelência operacional. Desde o ponto de vista metodológico, para o primeiro conjunto de medidas é necessária a participação do time de transformação. Usando o diagnóstico e a análise do SMD da empresa e, portanto, sabendo o propósito principal e também o setor onde se desenvolverá o piloto, é necessária uma técnica para conduzir a obtenção de novas medidas que ajude a resolver os problemas de falta de consenso sobre as medidas e não uso do novo SMD. Esta técnica deve conduzir a um desdobramento prático de medidas de desempenho e é também contribuição original deste trabalho. A estratégia adotada é de baixo para cima, onde se pretende incorporar e ganhar a confiança dos gestores do sistema de manufatura sobre a importância das medidas de desempenho e a gestão à vista que pode ser realizada com essas medidas. Isto para atender os aspectos citados por De Wall (2002) que são em grande parte os que levam ao fracasso de grande quantidade de iniciativas em SMD. Na Figura 92 se apresentam em forma resumida os passos para o desdobramento prático das medidas de desempenho.



**Figura 92. Método para projetar as medidas de desempenho na prática. Elaborada pelo autor.**

Com o objetivo em mente de conseguir consenso no desdobramento e ao mesmo tempo introduzir um conjunto de medidas de desempenho que represente e fomenta a excelência operacional é que foram idealizados os passos do desdobramento. Apenas a etapa 8 é a que incorpora as unidades de desempenho, o mapa-arquétipo e, portanto, o modelo de excelência operacional. Nas etapas iniciais se trabalha exclusivamente com desdobramento baseado em



problemas reais de gestores da empresa. No entanto o desenvolvimento foi pensado para contar com todos os elementos na oitava etapa para obter um mapa de relacionamento e uma unidade de desempenho para cada objetivo de desempenho. Nesse aspecto é um desdobramento de baixo para cima (desde os donos das medidas para os responsáveis pelo sistema de manufatura). Esta abordagem pretende ser útil para todas as empresas, em particular para aquelas em estágios iniciais de desenvolvimento de medidas de desempenho, nas quais existe uma necessidade muito grande de foco. A aplicação de todos os passos deste método dependerá grandemente do resultado do diagnóstico feito nas duas primeiras etapas: definição e análise. Note-se que o consenso dos principais problemas reais do sistema de manufatura é central para o desenvolvimento de medidas pertinentes para a gestão e isto deve ajudar e muito a obter sucesso no desdobramento de medidas futuras.

A seguir são detalhados os 8 passos de um desdobramento padrão das medidas da Figura 92:

1. **Consenso dos problemas a tratar:** neste passo são usados os resultados do diagnóstico e as necessidades pontuais dos gestores que participam do time de transformação. Esta etapa é realizada em plenária e é importantíssima para a homogeneização de conceitos e problemas que atingem o sistema de manufatura. Deve participar desta dinâmica em plenária todo o time de transformação que foi escolhido segundo critérios já apresentados. O diagnóstico ajuda a conduzir nesta etapa para medidas relevantes aos gestores do sistema de manufatura e em consonância com o mapa-arquétipo. No caso de aparecer muitos problemas, o qual poderia sobredimensionar o projeto inicial de desenvolvimento de medidas de desempenho deve ser utilizada alguma ferramenta simples de priorização. Note-se que em esta etapa podem aparecer problemas de difícil relacionamento com o modelo de desempenho, isto não é uma dificuldade já que um grupo de problemas necessariamente estará baseado nos fatores do modelo de desempenho e os outros problemas ainda podem ser aproximados a ditos fatores durante o trabalho em comissões;
2. **Apresentação de evidências sobre os problemas:** tempo dedicado a confirmar entre todos os membros do time de transformação a presença dos problemas por meio de evidências concretas de que eles existem com frequência suficiente para poder ser considerado um problema real do sistema de manufatura;
3. **Contextualização do problema:** uso do mapa-arquétipo, as unidades de desempenho padrão e o mapa de fluxo de valor para entender os relacionamentos entre os principais fatores relacionados com cada objetivo de desempenho e os problemas apresentados.

Até aqui tudo se desenvolveu sobre o conjunto de problemas, a partir deste ponto os passos 4 a 8 devem ser executados para cada problema.

4. **Definição de grandes conseqüências para cada problema:** para isso é necessário ter bem contextualizado os problemas. Dessa maneira é possível esboçar pelo menos uma

grande consequência (é saudável encontrar mais de uma grande consequência) para cada problema que reflita a importância do fator para o sistema de manufatura;

5. **Análise de Pareto para priorização do problema:** para poder contar com medidas de desempenho que sejam acionáveis é necessário separar o problema pelos itens ou assuntos que mais contribuem à sua presença. Assim um problema de confiabilidade no fornecimento é de fato um problema de uma porção dos fornecedores que entregam materiais mais ou menos importantes. Usual é estratificar o problema por família de produtos, setor, linha, máquina, tempo, fornecedores e operadores. Isto dá foco para a criação de uma família de medidas de desempenho que aborde a totalidade ;
6. **Definição de causas influentes para estes problemas prioritários:** utiliza-se das unidades de desempenho e do diagrama de Ishikawa para propor as principais causas. Muitas das causas podem ser comuns aos diferentes problemas priorizados.

Estes três últimos passos servem para dar contextualização a cada problema, gerando um conjunto de fatores que podem ser usados para obter medidas de desempenho referentes ao problema, constituindo assim uma família de medidas de desempenho, algumas das quais se ajustarão mais ao modelo de desempenho proposto.

O passo 7 é desenvolvido em comissões com a presença do líder de transformação e o dono das futuras medidas, além do facilitador externo se houver e pessoas que podem ser convidadas para formar o time em função de conhecimento técnico.

7. **Definição de medidas de desempenho para poder medir avanços sobre as causas influentes e sobre as grandes consequências:** cada setor envolvido e representado pelo dono das medidas deve pensar em planos de ação para poder identificar melhor as medidas de desempenho direcionadoras de ação. Para isto é usado um modelo de Relatório A3 modificado e o produto desta etapa é um rascunho da identidade de cada medida trabalhada. É muito importante nesta etapa introduzir medidas que relacionem efetivamente o problema em si com fatores de desempenho como os apresentados no mapa-arquétipo e nas unidades de desempenho padrão. Esta responsabilidade é do facilitador do processo.

Neste último passo volta-se a trabalhar com o conjunto de fatores e medidas de desempenho e em plenária:

8. **Uso das unidades de desempenho e mapa-arquétipo para relacionar medidas de desempenho:** são usadas para relacionar as medidas de desempenho segundo o modelo de excelência operacional. Com este relacionamento é abordada a melhoria do sistema de manufatura como um todo. Antes disto apenas tinha-se um conjunto de medidas de desempenho em ilhas de uso, pois não tinham nenhum relacionamento causal que mostrasse como melhorar o sistema. Nesta etapa podem-se justificar a presença de novas medidas de resultado ou direcionadoras que ajudem a montar um quadro completo para a

excelência operacional. Esta tarefa vai resultar mais ou menos complexa em função dos problemas tratados pelo time de transformação e desdobrados nas comissões.

Note-se que para cada causa definida como importante para o comportamento dos problemas prioritários se pode definir um novo problema para outros gestores do sistema de manufatura e assim o ciclo pode ser repetido. A proposta deste método é iniciar com um conjunto de medidas e os possíveis desdobramentos futuros deixá-los para um momento onde estas medidas iniciais já estejam o suficientemente consolidadas pela sua análise em mais de uma revisão crítica de desempenho.

O desdobramento de meios para atingir as metas devem ser deixados para cada gestor de manufatura que tenha responsabilidade de atuação sobre as medidas. Devem ser consideradas como diretrizes para a UBG (Unidade Básica de Gestão).

Note-se que de esta maneira a gestão da rotina fica diretamente conectada às ações para cumprir com a estratégia da empresa e com a excelência operacional do sistema de manufatura, pois como bem percebeu Martins (1999): “A gestão da rotina é necessária, porém não suficiente para garantir a excelência operacional. A adoção da gestão da rotina diária do trabalho não garante a síntese para o desempenho global”.

Porém, é só por meio de consistentes revisões críticas, entendendo as implicações da excelência operacional para o sistema de manufatura, e com o aparecimento das primeiras análises e ações a tomar em função das medidas que se encontrarão as medidas direcionadoras de desempenho que deverão ser desdobradas até a rotina. Para isso podem ser usadas as diferentes ferramentas já mostradas no desdobramento inicial e em outras seções deste manuscrito: Pareto, Ishikawa, Unidades de desempenho, 5W1H, Diagramas de dispersão, Mapa-arquétipo, Mapa de fluxo de valor e Relatório A3.

Do trabalho em comissões deve sair o rascunho da identidade de cada medida, baseado nos componentes de uma boa medida de desempenho. Estes componentes são mostrados na seção a seguir.

#### 4.4.3 Os componentes da medida

A seguir são apresentados os principais elementos de cada medida de desempenho e as perguntas que devem ser respondidas para o seu projeto. Estes componentes são necessários para assegurar que a medida consiga cumprir com o objetivo dado pela sua definição:

***Medida de desempenho:*** uma série temporal que quantifica os resultados de atividades do sistema de manufatura e mostra-se útil para interpretar o seu comportamento e fazer previsões.

#### **4.4.3.1 Propósito**

Para Neely (1998) as perguntas a serem respondidas para definir o propósito da medida de desempenho são:

- Por que a medida deve ser introduzida?
- Para quem é dirigida a medida?
- Que comportamento encorajará?

Dependendo do dono da medida e o propósito de uso, é construída a medida.

#### **4.4.3.2 Nome da medida**

O primeiro contato das pessoas com a medida se dá normalmente pelo título e a maior parte das vezes é usada com sua abreviatura. Por isso, o nome e a abreviatura das medidas devem ser escolhidos de forma a explicar da melhor maneira possível seu conteúdo, isto deve ser traduzido em um código que permita um acesso por banco de dados. Para projetar a medida é necessário perguntar se o título é entendido pelas pessoas que a usarão, e pelas pessoas que serão comunicadas com a medida.

#### **4.4.3.3 O responsável pela atuação em função dos dados**

Não é casualidade que tanto o propósito quanto a ação em função das medidas sejam colocados como os dois primeiros elementos da medida, inclusive antes que a meta e a fórmula de cálculo apesar de que tradicionalmente se associa medida de desempenho com estes elementos, porém isto não é o mais importante em absoluto.

Além do dono da medida outras áreas de decisão da empresa se podem beneficiar em função das unidades de desempenho ou de cada medida. Isto dirá quem será responsável pela atuação sobre os resultados da medida. Uma medida tem que possuir como componente as formas de agir quando um comportamento não esperado aparece. É certo que isto é muito mais fácil de realizar no caso de medidas de controle de um parâmetro do que em medidas mais subjetivas e onde as relações causais não estão claras, isto terá que ser conseguido em última instância com prova e erro.

Neste trabalho essa figura corresponde ao dono da medida, que em tese tem a autoridade e conhecimento para tomar decisões baseado na medida. Se a ação a ser tomada precisa de validação de um nível hierárquico superior, igualmente não exime da responsabilidade ao dono da medida que deve trabalhar para conseguir que a ação seja executada.

#### **4.4.3.4 Fórmula de cálculo e unidade de medição**

A fórmula de cálculo é a expressão matemática ou definição clara que dirá questões importantes sobre os atributos que representarão o fator de desempenho que se quer acompanhar por meio da medida.

Para definir esta fórmula é importante observar que é melhor a divisão de duas quantidades do que uma contagem simples. Depois tem que ser observado que é importante a linearidade da medida. Isto é: se o fator cresce muito a medida também, se cresce pouco também. Por último a sensibilidade da medida, se existe uma variação que tem que indicar alguma coisa para o dono da medida, ela deve ser perceptível pela medida.

Estes dois últimos atributos da medida podem ser melhorados com a escolha de uma fórmula adequada, porém pode ser necessário coletar os primeiros dados e estabelecer a medida em questão para notar problemas. Isto é perceptível na etapa de implementação.

#### **4.4.3.5 Procedimento de coleta dos dados**

Detalhar o procedimento de coleta é o primeiro passo para poder auditar periodicamente a medida de desempenho e assim garantir a sua confiabilidade. Isto vai ser muito útil nas primeiras revisões de desempenho, onde poderão surgir dúvidas sobre qual é a fonte de dados, como estão sendo extraídos e em geral como são coletados.

#### **4.4.3.6 Frequência de medição**

Como regra geral é necessário medir com uma frequência quatro vezes maior que a frequência na qual se espera encontrar uma mudança (HERRERA, 2005). Esta frequência depois pode ser reduzida quanto mais se conheça do processo sendo medido e da medida em questão.

#### **4.4.3.7 Responsável pela coleta**

O responsável pela coleta pode ser qualquer pessoa treinada para tal fim, porém deve ser feita sob responsabilidade direta do dono da medida de desempenho. Não é aconselhável que funcionários que não trabalham nos mesmos processos de gestão que os donos das medidas façam esta coleta.

#### **4.4.3.8 Fonte de dados**

Podendo ser aproveitada uma fonte já existente, isto deve ser feito. Coletar dados é uma tarefa que não agrega valor e deve ser evitada a qualquer custo. No entanto, se a fórmula escolhida exige uma nova coleta e a justifica em função de possivelmente trazer informação sobre um fator de desempenho do qual se espera extrair novas e fecundas ações de gestão, a coleta deve ser feita. Como quase sempre em gestão, é uma solução de compromisso.

#### **4.4.3.9 Benchmark**

Nesta etapa de projeto é importante tomar decisões sobre as fórmulas das futuras medidas em um formato que permita comparar com valores de referência (*benchmarks*) reconhecidos mundialmente. Por isso nesta etapa de projeto é importante o conhecimento dos valores de referência usados no mundo inteiro para medir desempenho de sistemas de manufatura. Não estabelecer uma medida de desempenho em um formato comparável com referenciais externos

tem que ser visto como uma perda de oportunidade, apenas justificável com bons argumentos da importância interna de determinado formato de medição.

#### **4.4.3.10 Meta**

A esta altura poderia surgir a pergunta: e a meta? Foi propositalmente deixada como último elemento porque é diferenciado de todos os outros. A meta é tão importante para uma medida de desempenho que poderia merecer ser colocada explicitamente na definição de medida de desempenho para esta tese.

Definir a meta ou valor desejável para a medida é uma tarefa crucial, metas exigentes demais ou complacentes demais desencorajam resultados. Metas são normalmente definidas em função de um propósito da estratégia para a manufatura, em função do desempenho conhecido de algum concorrente ou de empresas similares, ou em função dos objetivos almejados pela equipe de trabalho se comparado com dados passados. Infelizmente o comportamento do processo ao qual se refere a meta a maior parte das vezes não é analisado antes de colocar uma meta e isso normalmente traz muitos problemas de relacionamentos entre pessoas da empresa. Por isso é crucial escutar as duas vozes antes de definir a meta e é nesse sentido que se coloca como um elemento a mais da medida. É a medida de desempenho que deve ditar junto aos propósitos de todo tipo qual o valor e tempo alvos da meta.

Na etapa de implementação é que vai poder ser definida inicialmente uma meta e na etapa de uso piloto que poderá ser melhorada, por isso não se aprofunda nesta seção sobre como obter uma meta.

#### **4.4.4 Identidade da medida**

Na hora de estabelecer a medida é necessário guardar esta informação em um documento que seja rastreável e que contenha a identidade completa da medida de desempenho, da mesma forma que qualquer outro documento de padronização. A planilha modelo para a identidade de uma medida de desempenho é apresentada no Quadro 6:

Quadro 6. Identidade da medida de desempenho. Elaborada pelo autor.

Identidade da medida de desempenho		Código
Nome	Nome da medida	
Propósito	Breve descrição da medida e de seu objetivo	
Fórmula	Colocação da fórmula de cálculo e a unidade de medição	
Valor de referência	Valor que permite tomar decisões sobre metas	
Meta	Valor alvo da medida	
Frequência de medição	Frequência com a qual deve ser medida	
Fonte de dados	Local onde procurar pelos dados	
Responsável pela coleta	Pessoa que coleta os dados	
Responsável pela ação	Pessoa ou setor que dispara ações em função da medida	
Procedimento de coleta	Detalhe do procedimento de medição	
Comentários	Comentários gerais sobre a medida	

#### 4.5 Etapa de Implementação

Nesta etapa se abordam todos os aspectos referentes à coleta de dados e confirmação das medidas de desempenho esboçadas na etapa de projeto.

##### 4.5.1 Por onde começar?

A definição de por onde começar será tomada exclusivamente pelo time de liderança do desenvolvimento em conjunto com os donos das medidas, levando em conta principalmente o foco do desenvolvimento do SMD, o resultado do diagnóstico e a facilidade de coletar dados. Também cabe a este time definir a necessidade de incorporar outros membros da empresa, agora apenas pensando em implementação. Isto formará diferentes times de implementação já que pode ser necessário enriquecer o time de trabalho com novas pessoas para trazer criatividade e habilidades para construção de uma etapa mais detalhada (RENTES, 2000). A Figura 93 mostra o novo arranjo do *humanware*:

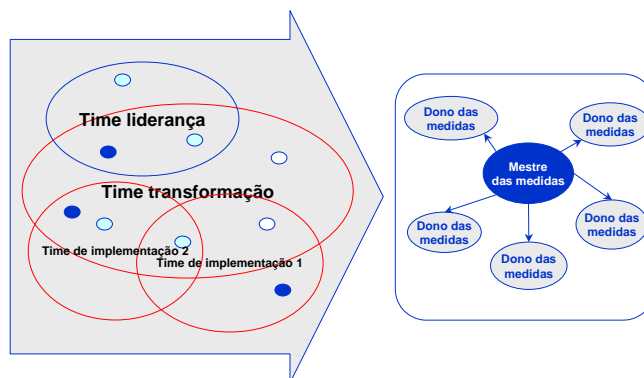


Figura 93. Os diferentes times de implementação. Adaptada Rentes (2000).

#### 4.5.2 Responsabilidade pela implementação de cada medida

O responsável pela implementação de cada medida é o dono da medida. Esta é a pessoa que tomará decisão com maior frequência sobre a medida de desempenho e quem definiu as medidas de desempenho a serem utilizadas em uma primeira instância, na etapa de projeto.

#### 4.5.3 A coleta ou aquisição

Independentemente do propósito, esta atividade é vital para conseguir confiança no processo de medição de desempenho (MARTINS, 2000). A frequência de coleta deve ser feita segundo o padrão definido no projeto, lembrando que a frequência inicial de medição não deve ser que se verifique alguma restrição técnica deve ser de pelo menos quatro medições no intervalo de tempo em que se espera uma mudança significativa (HERRERA, 2005).

#### 4.5.4 A estabilização da medida

Qualquer medida em geral e de desempenho em particular sofrerá variações devido a pelo menos os seguintes fatores:

- A característica sendo medida;
- A precisão do procedimento ou instrumento sendo usado para medir;
- A diferença entre as pessoas que coletam a informação.

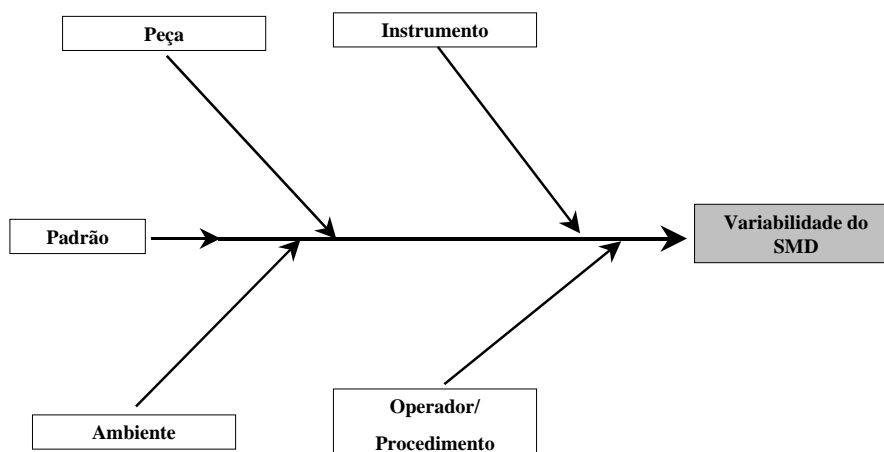
Obviamente, sempre se pretende que a variação da medida seja apenas devido à variação das características ou atributos sendo medidos. Em particular, para medidas de desempenho de controle de parâmetros de processos técnicos é importante (MSA, 1995):

1. Discriminação adequada e sensibilidade. Aqui se aplica a regra do 10 a 1 que diz que o poder de discriminação do instrumento ou método de medição tem que poder quebrar a especificação ou a variação do processo em no mínimo dez vezes;
2. A medição deve estar sob controle estatístico. Isto quer dizer que as causas de variação podem ser apenas comuns e não assinaláveis. Esta regra deve ser observada porque às vezes a variação devido ao processo de medição é da ordem da variação natural do atributo sendo medido;
3. Variabilidade das medidas deve ser baixa se comparada aos limites de especificação para controle de produtos;
4. Variabilidade das medidas deve ser baixa se comparada à variação do processo para controle de processos.



No *MSA Handbook* aparecem desdobradas as principais causas de variação na medição classificadas por um diagrama de Ishikawa. O acrônimo em inglês *SWIPE* desenvolvido por Mary Hoskins<sup>16</sup> é usado para representar as seis principais causas de variação na medição:

- Standar – Padrão;
- Workpiece – Peças diferentes;
- Instrument – Instrumento de medição;
- Person/Procedure – Operador/Procedimento;
- Enviroment – Ambiente.



**Figura 94. Causas de variação em SMD. Adaptado MSA (1995).**

Todas estas causas não são sempre importantes para as medidas de desempenho do sistema de manufatura, porém para medidas dos processos técnicos do sistema desdobradas a partir das medidas de excelência operacional ganham importância.

No entanto, as causas associadas aos procedimentos e operadores sempre são importantes, e devem formar parte de análise desde o projeto das medidas, validando os procedimentos na etapa de implementação. Por sorte este é o caso da maior parte das vezes nesta tese e isso pode ser resolvido com um correto planejamento do procedimento de medição e um controle de sua execução durante a implementação por parte do dono da medida.

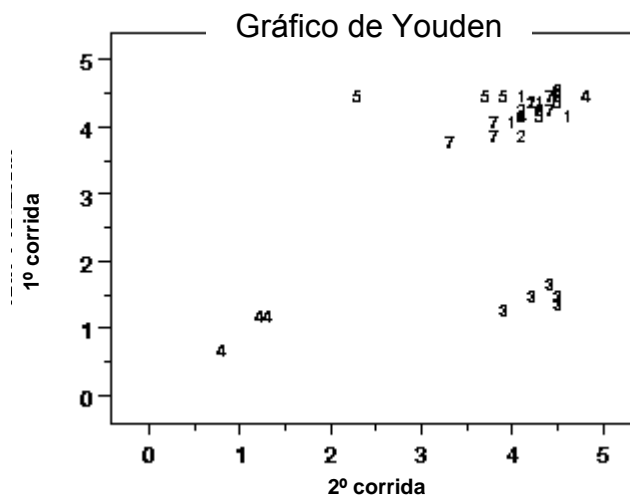
### **Garantia de confiabilidade dos dados**

Obviamente os procedimentos de coleta de dados são um fator importante na hora de tomar decisões baseadas em medidas de desempenho. Ao final de contas, será que as medidas estão representando a realidade? Esta pergunta pode ser respondida em função de um bem elaborado procedimento de auditoria da coleta de dados conduzido pelo dono da medida com a ajuda do diagrama de Youden.

As perguntas que este diagrama pode ajudar a responder são:

<sup>16</sup> Segundo o MSA Handbook.

- Diferentes procedimentos de coleta ou diferentes funcionários ou turnos equivalentes?
- Quais têm problemas de reproducibilidade?
- Quais procedimentos têm inconsistência interna?
- Quais têm outliers?



**Figura 95. Diagrama de Youden para analisar a confiabilidade dos dados. Fonte: NIST/SEMATECH (2006)**

Este exemplo gráfico, extraído do NIST/SEMATECH Handbook (2006) onde cada número pode estar representando dois corridas e as diferenças entre 1, 2, 3, 4 e 5 são diferentes procedimentos de coleta, mostra que:

1. Nem todas as coletas são iguais, havendo diferenças expressivas de resultados;
2. Procedimento e responsável pela coleta 4 tem problemas de reprodução;
3. Procedimento e responsável pela coleta 3 tem um problema de inconsistência interna no levantamento de dados;
4. Procedimento e responsável pela coleta 5 tem um *outlier*.

É claro que em medição de desempenho as mais das vezes não se vão ter tantos pontos para investigar a confiabilidade dos dados coletados. Porém, sim se podem gerar duas coletas independentes além da do responsável pela coleta e repetir isto duas vezes para cada pessoa e com o mesmo procedimento. Essa é uma maneira confiável de encontrar problemas na coleta que possam estar prejudicando a confiabilidade dos dados. Para a maior parte das medidas de desempenho este é geralmente um problema menor respeito ao problema de uma definição controversa da medida.

#### 4.5.5 Implementando a meta

A meta foi propositadamente deixada como último tópico porque é um elemento diferenciado dos outros, dada sua relevância tanto para a confiança na medida de desempenho por parte do *humanware* quanto para os resultados alcançados pelo sistema de manufatura da empresa. Definir a meta ou valor desejável para a medida é uma tarefa crucial, metas exigentes demais ou complacentes demais desencorajam resultados. Metas são normalmente definidas em função de um propósito da estratégia para a manufatura, em função do desempenho conhecido de algum concorrente ou de empresas similares, ou em função dos objetivos almejados pela equipe de trabalho se comparado com dados passados. Infelizmente o comportamento do processo ao qual se refere a meta as maior parte das vezes não é analisado antes de colocar uma meta e isso costuma trazer muitos problemas de relacionamentos entre pessoas da empresa, impactando até no perfil cultural da organização. Por isso é crucial escutar as duas vozes, a voz do cliente e a voz do processo, antes de definir a meta. A voz do processo será mais e mais confiável na medida que se utilizem medidas de desempenho com distinção entre ruídos e sinais, este é mais um motivo pelo qual é muito útil medir desempenho do sistema de manufatura.

Formas empíricas diretas de cálculo de metas são apresentadas em Takashina e Flores (1996). São elas o *fator 10* que pretende reduzir os defeitos em 10% para o próximo período:

$$Meta_i = Re\ sultadoPassado_{i-1} - (Re\ sultadoPassado_{i-1} / 10) \quad \text{Equação 53}$$

E o *diferencial 20* que pretende eliminar 20% da lacuna com o valor ótimo superior:

$$Meta_i = Re\ sultadoPassado_{i-1} + (100 - Re\ sultadoPassado_{i-1}) \cdot 0,20 \quad \text{Equação 54}$$

com  $i$ : período de tempo.

As duas equações são caras da mesma moeda, que diz se a meta é de crescimento a um valor ótimo superior ou de redução até um valor ótimo inferior. Isto pode ser equacionado da seguinte forma:

$$Meta_i = Re\ sultadoPassado_{i-1} - (Re\ sultadoPassado_{i-1} - \acute{O}timo_{inferior}) \cdot F_{redução} \quad \text{Equação 55}$$

$$Meta_i = Re\ sultadoPassado_{i-1} + (\acute{O}timo_{superior} - Re\ sultadoPassado_{i-1}) \cdot F_{melhoria} \quad \text{Equação 56}$$

Levando em consideração que na meta calculada pelo *fator 10* se coloca como valor ótimo inferior implícito a redução a 0.

O conceito de meia-vida de Schneiderman (1988) pode ser usado para entender qual é o tempo natural de mudança e assim colocar metas ousadas para essa realidade factível de ser alcançada. O autor apresentou um estudo sobre 64 conjuntos de dados de melhoria publicados em artigos científicos. Dessa maneira comprovou que o modelo que melhor ajustou esses dados para a maioria dos casos pode ser representado pela função exponencial do tempo:

$$y - y_{\min} = (y_0 - y_{\min})^{-\ln 2(t-t_0)/t_{1/2}} \quad \text{Equação 57}$$

com

y: nível de defeito

y<sub>min</sub>: valor mínimo ótimo

t<sub>0</sub>: tempo inicial

t<sub>1/2</sub>: tempo para reduzir à metade a lacuna entre o valor inicial e o valor ótimo

Este padrão de comportamento exponencial é típico de sistemas complexos e foi apresentado no capítulo anterior, note-se que colocando e trabalhando metas com equações como a do *fator 10* e o *diferencial 20* atingem-se naturalmente comportamentos exponenciais para o tempo.

O mais interessante deste estudo é que o autor mostra como o tempo de meia-vida é maior a medida que o problema que se deseja resolver abrange mais setores da empresa, a medida que o problema exige esforços multifuncionais para sua resolução. A Tabela 19 é uma proposta de Schneiderman para a meia-vida de diferentes tipos de problemas baseado nos seus estudos.

**Tabela 19. Proposta de tempos de meia-vida de Schneiderman. Adaptada Dixon *et alli* (1990).**

Tipo de problema	Exemplo	Meses	
		Meia-vida	Variação
Unifuncional	Leadtime	3	0 a 6
Multifuncional (engenharia)	Ciclo de DNP	9	6 a 12
Multifuncional (organização)	Qualidade das vendas'	18	12 a 24

Estes valores podem ser considerados uma boa aproximação de tempos para colocar metas atingíveis. Isto é importante porque uma meta não é nada sem um tempo de referência para alcançar o valor desejado.

#### 4.5.6 Responsabilidades do mestre das medidas

Nesta etapa de implementação é necessário estabelecer a figura do mestre das medidas e o seu papel. É o momento de identificar o futuro sistema de medição e entender o seu funcionamento e principalmente as ferramentas que permitirão o bom uso e que estão sob sua responsabilidade.

##### 4.5.6.1 Disseminação das medidas (Gráficos à vista)

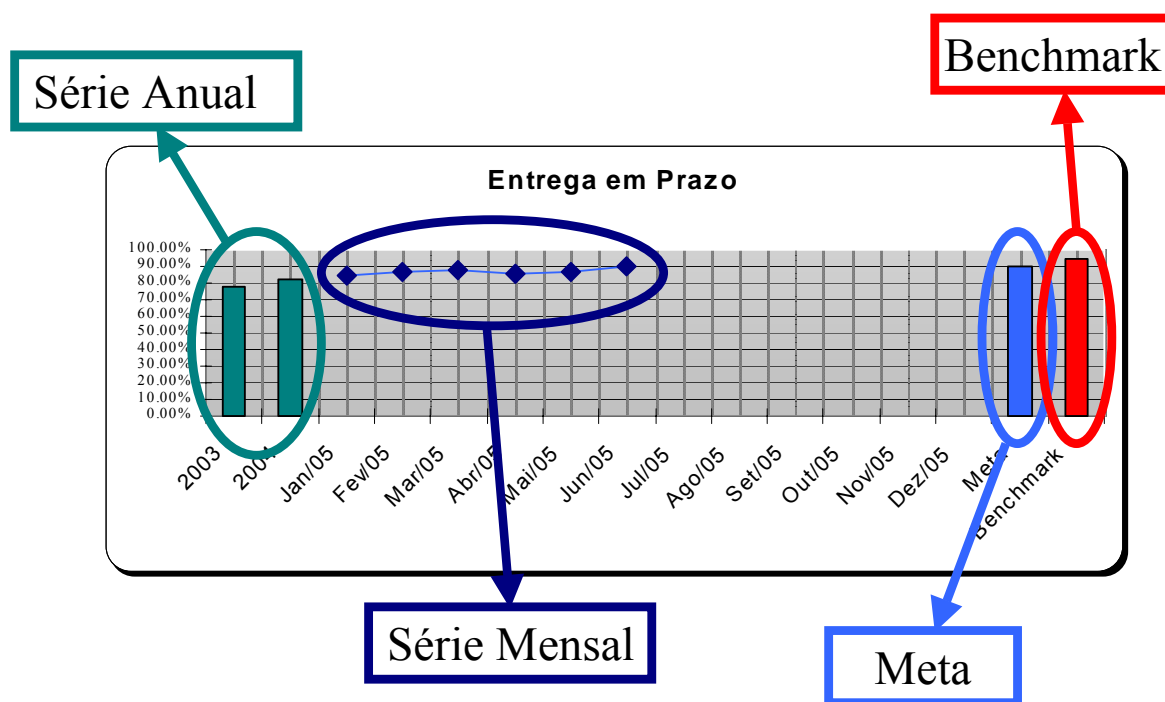
A disseminação deve ser abordada sob a ótica de dois importantes aspectos:

- Onde e quem deve ter visualização sobre a medida;
- Visualização da medida.

O primeiro aspecto é fortemente influenciado pela cultura da empresa e não é objetivo desta tese avançar sobre essas questões culturais. Apenas deixar registrado que são práticas de excelência atualmente: uma ampla gestão à vista com medidas de desempenho operacionais nos locais de trabalho, atreladas aos objetivos de desempenho, desdobradas da visão e missão da empresa, e relacionadas causalmente. Empresas que não cumprem isto, consciente ou inconscientemente ainda não tiveram a percepção da real importância de um bom SMD. Pode-se dizer sem medo de errar que muito do aspecto cultural da empresa pode ser entendido pela disseminação de medidas de desempenho por todo o chão de fábrica.

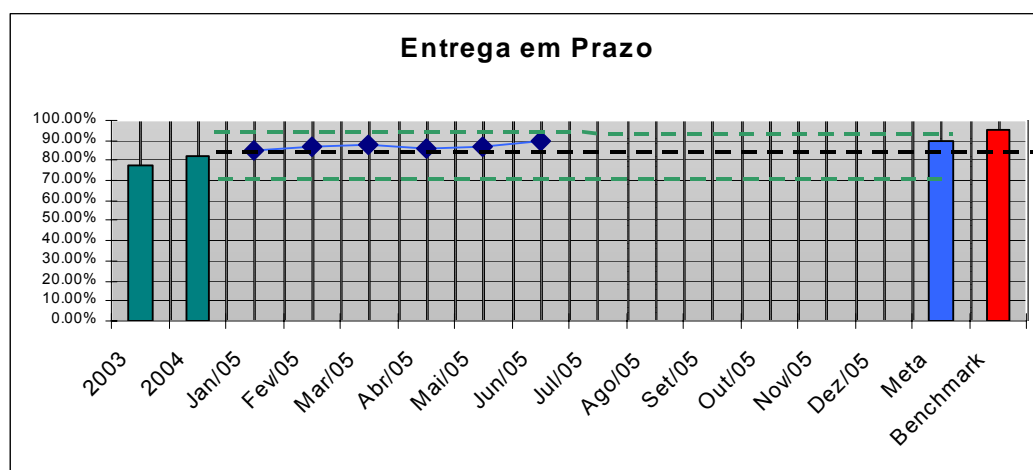
Na Figura 96 são mostrados todos os elementos importantes da visualização de uma medida.

- O nome;
- Uma série anual referencial do passado;
- Série com a frequência adequada para acompanhamento e ação no período;
- A escala para o valor da medida e a escala de tempo;
- A meta com sua data correspondente e a linha meta;
- O *benchmark*;
- Uma seta indicando o comportamento desejado no tempo.




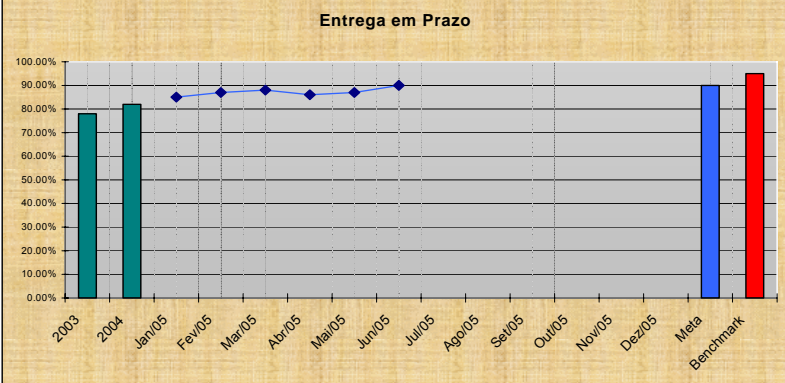
**Figura 96. Os elementos importantes para a visualização de uma medida de desempenho.**  
Elaborada pelo autor.

Apenas está faltando alguma estimativa para limpar os ruídos dos sinais. Para isso se faz uso da teoria de Shewhart (1931), assim na Figura 97 aparecem os limites de variação natural calculados para um gráfico de indivíduos. Nem todas as medias precisam de limites de controle.



**Figura 97. Medida de desempenho e sua variação natural.** Elaborada pelo autor.

Na Figura 98 é mostrada uma planilha para visualização de medidas de desempenho onde se apresenta um espaço para colocar o plano de ação projetado para melhorar o resultado da medida. Esta é a forma recomendada para disseminar as medidas ao chão de fábrica.

<b>Nome da Medida</b>																											
Objetivo:																											
Fórmula de cálculo:		Unidade:	Data:																								
Responsável																											
<b>PLANO AÇÃO</b>	<b>GRÁFICO</b>																										
	 <table border="1"> <caption>Dados do Gráfico: Entrega em Prazo</caption> <thead> <tr> <th>Período</th> <th>Entrega em Prazo (%)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>2003</td> <td>~78%</td> </tr> <tr> <td>2004</td> <td>~82%</td> </tr> <tr> <td>Jan/05</td> <td>~85%</td> </tr> <tr> <td>Fev/05</td> <td>~88%</td> </tr> <tr> <td>Mar/05</td> <td>~88%</td> </tr> <tr> <td>Abr/05</td> <td>~85%</td> </tr> <tr> <td>Mai/05</td> <td>~88%</td> </tr> <tr> <td>Jun/05</td> <td>~90%</td> </tr> <tr> <td>Jul/05</td> <td>~90%</td> </tr> <tr> <td>Meta</td> <td>~90%</td> </tr> <tr> <td>Benchmark</td> <td>~95%</td> </tr> </tbody> </table>			Período	Entrega em Prazo (%)	2003	~78%	2004	~82%	Jan/05	~85%	Fev/05	~88%	Mar/05	~88%	Abr/05	~85%	Mai/05	~88%	Jun/05	~90%	Jul/05	~90%	Meta	~90%	Benchmark	~95%
Período	Entrega em Prazo (%)																										
2003	~78%																										
2004	~82%																										
Jan/05	~85%																										
Fev/05	~88%																										
Mar/05	~88%																										
Abr/05	~85%																										
Mai/05	~88%																										
Jun/05	~90%																										
Jul/05	~90%																										
Meta	~90%																										
Benchmark	~95%																										

**Figura 98. Planilha de visualização de uma medida de desempenho contendo plano de ação.**  
**Elaborada pelo autor.**

#### 4.5.6.2 Ficha de identidade das medidas de desempenho

O mestre das medidas deve preencher e manter as medidas de desempenho em fichas que devem ter um formato similar ao apresentado na seção 4.4.4 e ampliado em um modelo padrão para uso em empresas como mostra o Quadro 7:

A ficha diz tudo sobre como executar a coleta, permitindo auditar o procedimento registrado para a coleta e, portanto, garantindo que a medida não será degradada com o passar do tempo. O *software* apresentado neste capítulo já apresenta um relatório de saída com esta ficha para facilitar a comunicação em campo e discussão com os diferentes donos das medidas.

Quadro 7. Ficha com identidade da medida de desempenho. Elaborado pelo autor.

Identidade da medida de desempenho		LTM
<b>Nome</b>	Lead Time da Manufatura	
<b>Propósito</b>	É a maneira de saber a velocidade de transformação do sistema produtivo e a porta de entrada a qualquer programa de manufatura enxuta.	
<b>Definição</b>	Tempo médio mensal entre início e fim da manufatura para os produtos classe A da empresa. Os produtos classe A representam 90% das vendas atuais da Empresa no ano corrente.	
<b>Fórmula</b>	LTM = Tempo médio em chão de fábrica [hs]	
<b>Meta</b>	Igual ao tempo de processamento líquido	
<b>Frequência de medição</b>	Mensal	
<b>Fonte de dados</b>	PCP ou Supervisão de produção	
<b>Responsável pela coleta</b>	Coordenador PCP	
<b>Responsável pela ação</b>	Gerência Industrial	
<b>Procedimento de coleta</b>	Dados são coletados semanalmente por meio dos relatórios consolidados do PCP e são confirmados acompanhando com os supervisores da produção um produto aleatório em qualquer dia da semana pelo responsável.	
<b>Comentários gerais</b>	Esta medida pode ser confirmada indiretamente em função dos estoques em processo circulantes pelo sistema produtivo.	

#### 4.5.6.3 Reuniões periódicas de avaliação de desempenho

O mestre das medidas em conjunto com o time de liderança deverá definir certamente em que momentos dos tantos momentos de reuniões de revisão da empresa serão usadas as medidas de desempenho para aprimorar a efetividade das reuniões e ao mesmo tempo dar força e garantir a sobrevivência do novo SMD em médio e longo prazo.

Isto pode parecer uma questão a mais dentro desta tese, porém é crucial. Do uso que se faça das medidas em estas reuniões periódicas dependerá o uso do sistema de medição em seu pleno potencial. Apenas com forte engajamento dos donos das medidas no projeto das medidas se pode ter um conjunto de medidas sem relacionamento usado para a ação gerencial. Isto não é pouca coisa, porém é claramente uma sub-utilização do sistema.

Para Meekings (2005) a chave do sucesso de um SMD que não pode deixar de ser considerada pelos pesquisadores do campo reside em reuniões de revisão do desempenho eficazes. E são estas reuniões que vão confirmar o modelo de desempenho para o sistema de manufatura e vão a ser a base para conseguir um SMD dinâmico e, portanto, usado. Esta etapa deve ser bem planejada na etapa de implementação porque é chave para a etapa de uso inicial.



Considera-se uma boa prática realizar reuniões periódicas por nível hierárquico, com os níveis mais altos realizando-as em datas posteriores aos níveis mais baixos, conseguindo assim analisar os dados já consolidados das UBG e médias gerencias.

#### **4.6 Etapa de Uso piloto**

Como já dito, o sucesso ou insucesso no estabelecimento de um novo SMD para o sistema de manufatura da empresa vai ser dependente apenas do uso dado pelos gestores. A etapa de uso piloto contempla o acompanhamento e treinamento (se necessário) inicial no uso das medidas, assim como a definição de frequências de relatórios de desempenho.

No plano das medidas como entidade é extremamente necessário entender que qualquer processo está submetido a variação, já que a maior parte das vezes são afetados por muitas causas desconhecidas que geram um ruído nos resultados. As medidas seguramente captam este ruído e, portanto, é necessário saber que existe e como limpá-lo se necessário.

Já no plano do conjunto de medidas de desempenho do SMD é importante reconhecer que entre os fatores que diversas medidas representam existe um relacionamento que será mais ou menos forte. Hoje, pelo conhecimento do desempenho de inúmeros sistemas de manufatura de empresas de todo o mundo alguns relacionamentos se tornaram evidentes, destacando-se sobre o ruído próprio da combinação de fatores de cada sistema de manufatura. Outros relacionamentos podem se tornar forte para as condições locais de cada sistema, inclusive afetando fortemente relacionamentos evidentes para a maior parte das empresas. Em qualquer caso as medidas de desempenho têm a capacidade de indicar isso para os gestores de todas as funções e hierarquias da empresa.

Para poder limpar ruídos de sinais e aprofundar os relacionamentos causais é preciso usar técnicas estatísticas. São técnicas básicas que não agregam tanta complexidade ao uso e ajudam a aprender mais sobre o comportamento do sistema de manufatura. Nesta seção são apresentadas as técnicas básicas e que este autor considera suficientes para estudar e extrair conclusões válidas das medidas de desempenho, desdobradas em técnicas para o estudo individual de cada medida de desempenho e técnicas para o estudo do conjunto de medidas de desempenho do SMD como um todo relacionado.

##### **4.6.1 Análise sobre as medidas individuais - entendendo variação**

Na empresa os dados são coletados para depois de consolidados trazer informação às pessoas, seja para encorajar comportamento na linha de frente, para tomar decisões gerenciais, para corrigir procedimentos operacionais ou para atuar sobre um comportamento excepcional da variável sendo medida. Para Hronec (1994) medidas são sinais do processo e tem que servir para sua melhoria. Isto é absolutamente certo, porém em uma medida de desempenho há mais do que sinais, há também ruídos, e se faz necessário separá-los dos sinais para tirar o maior proveito dos dados coletados.

Para desenvolver esta seção é importante reconhecer os dois principais princípios para entendimento de medidas de desempenho propostos por Shewhart muitos anos atrás (WHEELER, 1993). Pode-se dizer, segundo sua biografia, que o primeiro trabalho que foi publicado com esta importante separação apareceu em 1924:

1. Dados não têm significado apartados de seu contexto.
2. Todo dado tem ruídos, alguns podem conter sinais. No entanto antes de detectar um sinal em um dado, primeiro deve-se filtrar o ruído.

Que dados não devam ser separados do contexto leva irremediavelmente à análise da série histórica antes de tomar decisão. O Quadro 8 mostra um relatório de resultados gerencial típico (WHEELER, 1993), em rigor da verdade, é mais comum para os gerentes das áreas comerciais e altas hierarquias da empresa do que para os gerentes e supervisores do sistema de manufatura.

**Quadro 8. Modelo comum de relatório mensal. Adaptado Wheeler (1993).**

Relatório Mensal:				Julho			
Para: Gerente de operações				Data: 30/07/2005 10:41:31			
Área	Mês Julho		Diferenças		Valores no ano em curso		2005 vs 2004
	Valor atual	Valor mensal planejado	% Dif.	Dif. com o mesmo mês do ano anterior	Valor médio do acumulado	Valor médio planejado	% Dif.
<b>Qualidade</b>							
Entrega em prazo (%)	91.0	91.3	-0.3	-0.9	90.8	91.3	-0.5
Retrabalho e refugo (%)	54.0	70.0	-16	-10.0	69.3	70	-0.7
Kg de material refugado (cada 1000Kg)	124.0	129.0	-3.9	0.0	132	129	2.3
<b>Produção</b>							
Volume prod. (1000's Kg.)	34.5	36	-4.2	-2.0	251.5	252	-0.2
Custo material (R\$/Kg)	198.3	201.22	-1.5	-1.9	198.46	201.22	-1.4
Mão-de-obra (c/100Kg)	4.5	4.16	7.0	4.5	4.46	4.16	7.2
Custos fixos c/100Kg	11.3	11.27	0.6	11.3	11.02	11.27	-2.2
Custos totais de Produção (x cada 100Kg)	280.8	278.82	0.7	0.9	280.82	278.82	0.7
Estoque em processo (100's Kg)	28.0	19.7	42.1	12.0	21.6	19.7	9.6

O quadro mostra o valor atual mensal da medida de desempenho e compara o valor planejado com o valor real do mesmo mês, compara com o valor real do ano anterior, apresenta um acumulado do ano, compara com o valor planejado do acumulado para o ano corrente e finalmente mostra o acumulado do ano anterior. Para Wheeler (1993) estas são as comparações mais freqüentes encontradas em um relatório gerencial, e de fato são as que comumente são apresentadas nos principais meios de comunicação do país quando se fala de indicadores da economia e da indústria. Comparar números diferentes é muito fácil e isso explica a tendência ao uso deste tipo de relatório.

No entanto, esta difusão não quer dizer que a tabela seja boa, de fato tem a deficiência de que não consegue separar ruídos de sinais e sendo assim acaba sendo muito arriscado tomar decisões baseando-se na sua informação. Medidas de desempenho estão sujeitas a variação

presentes em todos os processos, processos que podem estar sujeitos a cento de fatores. Como determinar com este quadro que parte da variação é devida a causas comuns e que parte é devida a causas especiais? (WHEELER, 1993). Como se pode responder a perguntas que seguramente surgem como: Em qual medida de desempenho aconteceu alguma variação de importância? É sobre as que têm maior variação percentual? Onde vai ser necessário mais do que um conselho, ordem ou motivação ao funcionário para melhorar no mês próximo? Deve-se tomar ação imediata sobre os estoques em processo ou sobre ou percentual de refugos e retrabalhos primeiro?

Todas estas perguntas não tem uma resposta satisfatória se primeiro não se entender qual é a variação natural do processo por trás da medida sendo apresentada. É claro que experiência ajuda e muito nesta tarefa, porém às vezes nem a experiência detecta tão rápido um ponto de atuação quanto uma boa medida de desempenho.

#### 4.6.2 Ferramentas estatísticas para séries temporais aleatórias – Os gráficos de comportamento de Shewhart e o CUSUM

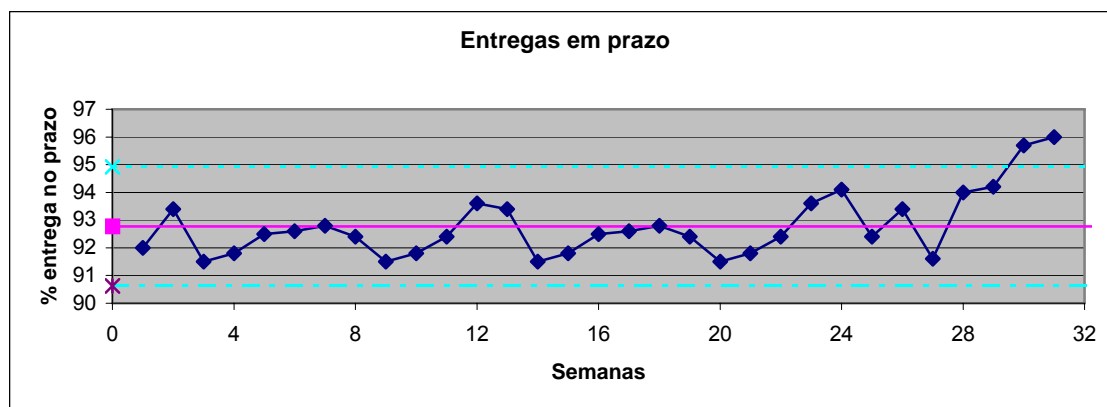
Foi o Doutor Walter Shewhart quem em 1924 formulou os problemas da manufatura da Bell Co. e seus fornecedores em termos de problemas por causas assinaláveis e variação por chance, hoje mais conhecidas como causas especiais e causas comuns ou sinais e ruídos no comportamento dos dados. Ao mesmo tempo introduziu os gráficos de controle como ferramenta para distinguir entre os dois tipos de causas. Neste trabalho se chamarão preferentemente de gráficos de comportamento, sem esquecer que universalmente são conhecidos como gráficos ou cartas de controle. Tirar a palavra controle do nome é importante neste trabalho porque como dito em seções anteriores pode-se medir por várias razões e muitas das vezes pensar em querer controlar a medida não faz sentido, já saber o comportamento de uma variável é precisamente o que se pretende com a medição de desempenho. Heredia (2005) chama-os também de gráficos de comportamento.

Distinguir a diferença entre sinais e ruídos é necessário para não cometer dois tipos de erros na análise de dados (WHEELER, 1993):

1. Gastar energia atuando sobre ruídos como se fossem sinais;
2. Falhar em detectar sinais quando estão presentes e perder a oportunidade de trata-las com ação gerencial.

Por exemplo, dizer que houve uma melhoria de 1,5% de uma semana para outra na entrega em prazo do “Produto A” nada nos diz sobre se deve haver uma comemoração com a equipe de trabalho ou não.

No entanto, colocando esta informação em contexto (Figura 99):



**Figura 99. Comportamento da entrega em prazo ao cliente. Elaborada pelo autor.**

Pode ser visto que entre as semanas 29 e 30 uma tendência se verificou, inclusive é ratificada na semana seguinte (31). Já se poderia comemorar esse comportamento, embora se não se sabe bem o porquê do comportamento é melhor esperar uma ou duas semanas mais. Alguma causa especial está dizendo que efetivamente se obteve uma melhoria na entrega ao cliente. O valor da entrega no prazo para a semana 29 foi de 94,2% e o da semana 30 foi 95,6%, uma diferença percentual de 1,5% aproximadamente e que não é maior que outras variações da medida, mas que caiu fora dos limites de controle do gráfico de comportamento de indivíduos que explicam toda a variação devido a ruídos no sistema.

Isto mostra a importância do contexto para os dados, houve claramente uma tendência de melhoria na entrega ao cliente que deve ser analisada, confirmada e premiada.

Por isso a definição de medida de desempenho inclui a questão da série temporal. A teoria básica de comportamento de séries temporais está baseada em inferência estatística e então aqui será introduzido o conceito de teste de hipótese para uma amostra única, teoria suficiente para entender e fazer uma leitura razoável dos gráficos de comportamento estatísticos. Utiliza-se para esta seção a explicação de Montgomery e Runger (2003) por ser, a critério deste autor, a que de maneira mais acessível explica o teste de hipótese.

Então, uma hipótese estatística é feita sempre sobre uma população e a partir de uma amostra de dados. Exemplificar-se-á todo o procedimento por meio de uma experiência hipotética sobre o diâmetro base de um parafuso de 10 milímetros. Esse diâmetro para os diferentes parafusos é uma variável aleatória que pode ser descrita por uma distribuição normal de probabilidades e se pretende saber se a média do diâmetro base da população de parafusos é efetivamente 10 mm.

Então as hipóteses são:

$$H_0 : \mu = 10mm$$

$$H_1 : \mu \neq 10mm$$

Supondo que se testa este parâmetro sobre uma amostra de 15 parafusos e se define que se sua média (esta pode tomar valores infinitos num intervalo) cai entre os valores 9,9mm e 10,1mm (valores críticos), então se aceita a hipótese nula  $H_0$ . Caindo fora de dito intervalo se rejeita a hipótese nula ou, o que é o mesmo, aceita-se a hipótese alternativa  $H_1$ .

Todo o problema com este procedimento é que se pode estar cometendo um erro por estar trabalhando com uma amostra. Assim pode acontecer de estar escolhendo uma amostra da população que leva a sua média a cair fora do intervalo dado pelos valores críticos quando a população teria uma média dentro do intervalo. Desta maneira se rejeitaria  $H_0$  quando esta é de fato aceitável. Este tipo de erro se chama erro de **Tipo I**. Por outro lado pode ser que a amostra tenha uma média dentro do intervalo e a população não tenha uma média dentro do intervalo. Desta maneira se aceitaria  $H_0$  quando de fato era rejeitável, este tipo de erro é conhecido como erro de **Tipo II**. A probabilidade de cometer um erro de **Tipo I** é o nível de significância do teste e é designado tradicionalmente com a letra grega  $\alpha$ . Assim  $\alpha$  é a probabilidade de que todas as amostras aleatórias caiam fora do intervalo dado pelos valores críticos quando a população tem média dentro do intervalo crítico:

$$\alpha = P(\bar{x} < 9,9mm) + P(\bar{x} > 10,1mm) \dots \text{quando} \dots \mu = 10mm$$

por meio da estatística **z** normalizada pode-se encontrar o valor de  $\alpha$ , supondo que a raiz quadrada da variância  $\sigma = 0,2mm$ :

$$z = \frac{9,9 - 10}{0,2 / \sqrt{15}} \approx -1,9365 \quad \text{Equação 58}$$

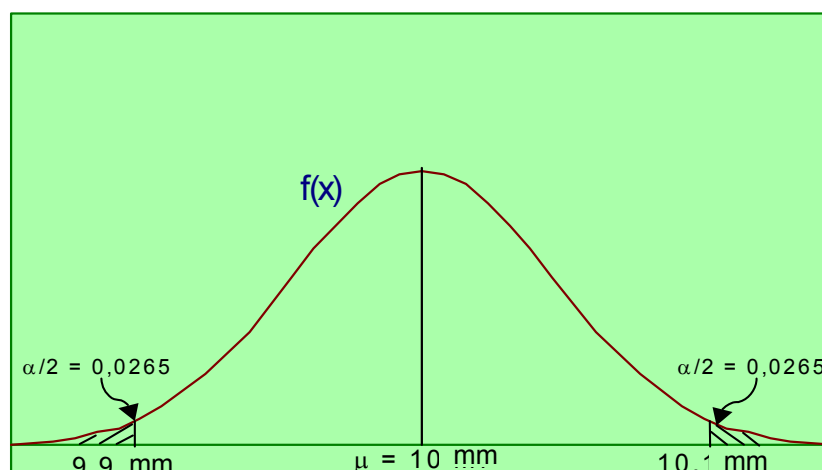
e

$$z = \frac{10,1 - 10}{0,2 / \sqrt{15}} \approx 1,9365 \quad \text{Equação 59}$$

Isto quer dizer que:

$$\alpha = P(Z < -1,9365) + P(Z > 1,9365) \approx 0,0265 + 0,0265 = 0,053$$

Representando aproximadamente 5,3% das amostras indicariam rejeição quando em verdade deveria ser aceita a hipótese nula. Em outras palavras, pode-se confiar em que 100% - 5,3% = 94,7% das vezes se estaria rejeitando a hipótese nula quando de fato deveria ser rejeitada. Isto está representado na Figura 100.



**Figura 100. Região crítica para o exemplo. Adaptado Montgomery e Runger (2003:144).**

Neste exemplo, aumentando o tamanho da amostra, diminui-se a probabilidade de cometer um erro de **Tipo I** e aumentando o intervalo dado pelos valores críticos consegue-se um efeito similar. Este último é muito importante para o desenvolvimento dos gráficos de comportamento que se detalham a seguir.

#### 4.6.2.1 Gráfico de comportamento de indivíduos (XmR)

Começa-se pelo detalhamento deste gráfico porque é o gráfico de comportamento mais usado para grande parte das medidas de desempenho em sistemas de manufatura. Este gráfico mostra a variação de dados individuais e, portanto, se aplica à grã maioria de medidas de desempenho que são coletadas de a uma por vez e não em amostras maiores, isto é  $n=1$ . Para isso é apresentado em dois gráficos:

1. Com o valor médio e os valores absolutos da variável;
2. Com a dispersão da variável calculada pela média móvel.

Inclusive permite detectar mais facilmente comportamentos como ciclos, tendências, misturas e relação entre o processo e a meta de que os outros gráficos apresentados nesta seção (WEC, 1956). Para determinar os limites de controle destes gráficos é necessário calcular a amplitude móvel de duas observações sucessivas como a fonte de variação. O equacionamento fica assim:

$$LSC = \bar{x} + \frac{3}{d_2} \cdot \bar{R} \quad \text{Equação 60}$$

$$LC = \bar{x} \quad \text{Equação 61}$$

$$LIC = \bar{x} - \frac{3}{d_2} \cdot \bar{R} \quad \text{Equação 62}$$

Com

$$\bar{R} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n R_i \quad \text{Equação 63}$$

$$R_i = |X_i - X_{i-1}| \quad \text{Equação 64}$$

Onde  $n$  é o número de indivíduos da amostra.

Em resumo, este é o tipo de gráfico mais usado em medição de desempenho.

#### 4.6.2.2 Gráficos de comportamento X e R

Estes dois gráficos sempre aparecem juntos porque cada um foca em uma característica da distribuição de dados. Para medição de desempenho estes gráficos não são usuais, pois estão demasiadamente focados nos processos técnicos, em qualquer caso se diferenciam dos gráficos de comportamento de indivíduos pelo fato de trabalhar sobre amostras em um determinado tempo. Desta forma são gráficos mais confiáveis quando mostram desvios e permitem comparar dispersão das amostras (dentro do processo). Isto é lógico já que contém mais informação que o gráfico de indivíduos. São os gráficos usuais no controle estatístico de processos (CEP).

#### 4.6.2.3 Gráficos de comportamento para atributos

Quando ao invés de medir uma variável se pretende saber e estudar o comportamento da fração defeituosa de uma peça ou produto, ou a quantidade de defeitos por peça são usados os gráficos de comportamento por atributos.

Na indústria isto é bastante usual já que a maior parte das vezes é muito difícil ou dispendioso medir uma variável. Então aparece como uma solução natural levantar dados da contagem simples de peças defeituosas e não defeituosas. Isto agrega bastante informação e é mais difícil de interpretar do que um gráfico X e R. Do ponto de vista estatístico isto traz consequências, pois já não se pode utilizar a distribuição normal como antes. Então a forma de calcular limites de controle é diferente.

#### Gráfico P

O **gráfico P** é também conhecido como o gráfico de controle para a fração não conforme (MONTGOMERY E RUNGER, 2003). Para este gráfico é usada a fração defeituosa binomial e a

aproximação normal da binomial para calcular os limites de controle. Isto é feito da seguinte forma:

$$LSC = p + 3 \cdot \sqrt{\frac{p(1-p)}{n}} \quad \text{Equação 65}$$

$$LIC = p - 3 \cdot \sqrt{\frac{p(1-p)}{n}} \quad \text{Equação 66}$$

com

$n$ : número de unidades totais em uma amostra;

$p$ : fração defeituosa na amostra.

Isto é assim porque a variância para a variável aleatória binomial que representa a fração defeituosa é calculada como:

$$\sigma^2 = \frac{p(1-p)}{n} \quad \text{Equação 67}$$

Na prática dificilmente se conhece o valor  $p$  da população e é usado um estimador médio  $\bar{p}$  calculado em função de amostras preliminares e então:

$$LSC = \bar{p} + 3 \cdot \sqrt{\frac{\bar{p}(1-\bar{p})}{n}} \quad \text{Equação 68}$$

$$LC = \bar{p} \quad \text{Equação 69}$$

$$LIC = \bar{p} - 3 \cdot \sqrt{\frac{\bar{p}(1-\bar{p})}{n}} \quad \text{Equação 70}$$

Se as amostras são todas do mesmo tamanho, então se pode usar um valor  $n$  comum a todas as amostras e as equações ficam assim:

$$LSC = n\bar{p} + 3 \cdot \sqrt{n\bar{p}(1-\bar{p})} \quad \text{Equação 71}$$

$$LC = n\bar{p} \quad \text{Equação 72}$$

$$LIC = n\bar{p} - 3 \cdot \sqrt{n\bar{p}(1-\bar{p})} \quad \text{Equação 73}$$



$np$ : quantidades de peças defeituosas na amostra.

### Gráfico C

O **gráfico C** é um caso especial de gráficos de atributos que usa o número de defeitos ao invés do número de peças defeituosas. Pode ser, de fato, considerado um caso especial do **gráfico P**, no qual a possibilidades de defeitos por peça é teoricamente infinita (WEC, 1956).

Este tipo de gráficos segue um comportamento dado pela distribuição de Poisson e então deve ser desenhado com os seguintes limites de controle e linha média:

$$LSC = \bar{c} + 3 \cdot \sqrt{\bar{c}} \quad \text{Equação 74}$$

$$LC = \bar{c} \quad \text{Equação 75}$$

$$LIC = \bar{c} - 3 \cdot \sqrt{\bar{c}} \quad \text{Equação 76}$$

com

$$\bar{c} = \frac{c}{m} \quad \text{Equação 77}$$

Sendo  $m$  o número de amostras e  $c$  a contagem de defeitos total de cada amostra.

Quando é necessário contar defeitos sobre amostras de tamanho variáveis é necessário usar o **gráfico U** que é em essência o mesmo mas com a possibilidade de calcular um valor independente do número de amostra. Assim:

$$LSC = \bar{u} + 3 \cdot \sqrt{\frac{\bar{u}}{n}} \quad \text{Equação 78}$$

$$LC = \bar{u} \quad \text{Equação 79}$$

$$LIC = \bar{u} - 3 \cdot \sqrt{\frac{\bar{u}}{n}} \quad \text{Equação 80}$$

com

$$\bar{u} = \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m u_i \quad \text{Equação 81}$$

$m$ : número de amostras.

#### 4.6.2.4 Gráficos CUSUM

Como sensibilidade à mudança é uma característica desejada de uma medida de desempenho e isto se amplifica se a medida é de controle da rotina de uma característica crítica, pode ser

necessário utilizar o gráfico das somas acumuladas CUSUM, apesar de que se perde a representação gráfica dos valores em análise e, portanto tem que ser utilizado como uma técnica extra à representação das medias de desempenho para a variável de interesse.

Para entender a importância da utilização deste gráfico é necessário explicar o **CMC** (Comprimento Médio da Corrida) que é um indicador do desempenho do gráfico de comportamento (MONTGOMERY e RUNGER, 2003). Este desempenho é devido à escolha crítica dos limites de controle do gráfico. Como mostrado na seção 4.6.2 aumentar limites de controle diminui a probabilidade de se ter um erro de **Tipo I**, porém aumenta as chances de ter um erro de **Tipo II**.

Shewhart propôs o valor de  $3\sigma$  a partir da média da amostra como uma boa solução de compromisso para este problema, com este valor 3 multiplicando ao desvio padrão da amostra o CMC (pode ser calculado a partir da média de uma variável média geométrica segundo Montgomery (1996)) é igual a:

$$CMC = \frac{1}{p} = \frac{1}{0,0027} \approx 370 \quad \text{Equação 82}$$

Isto indica que a cada 370 valores em média um dado cairá fora dos limites de controle, mesmo estando a medida sob controle estatístico.

E respeito à sensibilidade do gráfico, o que se pode dizer? Como responde a medida quando a média muda e é importante detectar essa mudança o mais rápido possível?

Voltando ao exemplo do parafuso, considerando como uma média fora de controle o valor médio da amostra de 9,9mm, valor considerado absolutamente inaceitável já que se perde completamente a peça. Controlando por meio de um gráfico X e R com  $n=5$  e com um desvio-padrão reduzido respeito ao exemplo anterior onde ainda não se tinha a variável sob controle,  $\sigma = 0,0745$ . Para esta situação o valor  $p$  é igual a:

$$p = P[9,9mm \leq \bar{x} \leq 10,1mm] \quad \text{quando} \quad \mu = 10mm \quad \text{Equação 83}$$

$$p = P\left[\frac{9,9 - 9,9}{0,0745/\sqrt{5}} \leq z \leq \frac{10,1 - 9,9}{0,0745/\sqrt{5}}\right] = P[0 \leq z \leq 6] = 0,5 \quad \text{Equação 84}$$

$$CMC = \frac{1}{p} = \frac{1}{0,5} = 2 \quad \text{Equação 85}$$

Significa que o gráfico de comportamento detecta uma mudança dessa magnitude em média cada duas coletas.

Para o caso de gráfico de indivíduos a situação é ainda pior, pois sendo  $n = 1$ , então os limites de controle já não seriam 9,9mm e 10,1mm respectivamente, senão 9,7765mm e 10,2235mm; Portanto,  $p$  ficaria assim (para o mesmo valor de detecção da média inaceitável):

$$p = P\left[\frac{9,9 - 9,7765}{0,0745} \leq z \leq \frac{10,2235 - 9,9}{0,0745}\right] = P[1,6577 \leq z \leq 4,3422] \approx 0,0447 \quad \text{Equação 86}$$

e

$$CMC = \frac{1}{p} = \frac{1}{0,0447} \approx 23 \quad \text{Equação 87}$$

Muito mais insensível para detectar a mudança do que o gráfico X e R. Este é, de fato, o calcanhar de Aquiles do gráfico de indivíduos, sua insensibilidade de resposta.

O gráfico CUSUM se comporta muito bem para detectar essas mudanças. Isso porque os gráficos de Shewhart não registram a informação da sequência histórica de dados, apenas a informação do último dado. Apesar de que essa insensibilidade em parte é contornada pelas regras da Western Electric (WEC, 1956) e esta é a abordagem sugerida neste trabalho, isto torna os gráficos um pouco mais complicados de analisar e também mais sensíveis a mostrar sinais falsos quando estão sob controle.

Assim o CUSUM se transforma em uma alternativa válida, sobretudo, para substituir ao gráfico  $XmR$  em casos em que seja preciso sensibilidade.

#### 4.6.3 Ferramentas para estudo de séries temporais não aleatórias

Quando o padrão de comportamento de uma medida é claramente não-aleatório (pelo menos deveriam ser) como é o caso da produção do último ano, vendas, melhoria em manutenção, produtividade, eficiência do ciclo de manufatura os gestores precisam entender o comportamento para fazer previsões, poder obter metas realistas ou algum outro propósito. A seguir são apresentadas as considerações que se devem fazer sobre os limites naturais de variação e os métodos mais utilizados para limpar ruídos e se concentrar nas tendências, sazonalidades e/ou ciclos nas séries temporais.

Porém antes de mostrar as considerações o leitor pode fazer uma pergunta absolutamente pertinente. Quando se considera uma série histórica como aleatória e quando não-aleatória? A resposta pode resultar ambígua e como em outros assuntos vai ser necessário tomar algum valor de corte empírico. A proposta de Heredia (2005) é utilizar um valor de corte correspondente a  $r = 0,7$  ( $r$  coeficiente de Pearson).

Para os casos quando a série de dados apresenta este grau de correlação a interpretação fica facilitada se são considerados valores médios iguais ao valor da reta de autocorrelação calculada a partir de:

$$y = mx + c \quad \text{Equação 88}$$

com:

$$m = \frac{\sum xy - \frac{(\sum x)(\sum y)}{n}}{\sum x^2 - \frac{(\sum x)^2}{n}} \quad \text{Equação 89}$$

e

$$c = \frac{(\sum x)(\sum xy) - (\sum y)(\sum x^2)}{(\sum x)^2 - n(\sum x^2)} \quad \text{Equação 90}$$

O intervalo de confiança ao redor da reta de regressão pode ser calculado da forma apresentada na seção 4.3.9.2, estabelecendo um controle  $3\sigma$  em torno da inclinação da reta de regressão:

$$\sigma_e = \sigma_y \cdot \sqrt{1 - r^2} \quad \text{Equação 91}$$

Desta forma os limites de variação natural e a linha média são:

$$LSC = \bar{y} + 3\sigma_e \quad \text{Equação 92}$$

$$LC = \bar{y} = mx + c \quad \text{Equação 93}$$

$$LIC = \bar{y} - 3\sigma_e \quad \text{Equação 94}$$

com  $y$  como o parâmetro estimado por meio da reta de correlação ou diretamente do *rango*  $R$ :

$$LSC = \bar{y} + 2,66 \cdot \bar{R} \quad \text{Equação 95}$$

$$LC = mx + c \quad \text{Equação 96}$$

$$LIC = \bar{y} - 2,66 \cdot \bar{R} \quad \text{Equação 97}$$

Se a correlação não for levada em conta os limites naturais de variação poderão indicar que uma situação anormal está presente. Isto é de muita utilidade para entender que realmente se

está em presença de uma tendência, porém não ajuda a limpar ruídos de um comportamento previsível de causas especiais. Uma vez conhecido esse comportamento, trabalhar com a reta de correlação é sinônimo de limpar a tendência para entender se está havendo um conjunto de causas especiais que geram variação demais e possa prejudicar a leitura sobre o comportamento da variável.

Isto é importante não para responder à pergunta: Está-se perante um padrão não aleatório de comportamento? É importante para extrapolar e prever resultados futuros do comportamento.

A seguir são apresentadas as formas básicas dos dois métodos gerais de amaciamento e ilustradas com exemplos de uso. Os dois métodos são:

- Amaciamento por média móvel;
- Amaciamento exponencial.

#### 4.6.3.1 Amaciamentos simples

O amaciamento é uma técnica usada amplamente com o fim de remover variações aleatórias, sazonais e até cíclicas dos dados em estudo. Quanto mais períodos se incluem no seu cálculo mais remoção desses comportamentos se obtém, no entanto se perde sensibilidade a dados recentes. O objetivo geral é limpar a série para encontrar o padrão preponderante quando a série apresentar grande comportamento aleatório.

O procedimento mais conhecido para amaciar séries é a média móvel simples que em síntese é a substituição de cada dado da série por uma média simples ou ponderada de um determinado intervalo de dados conhecido como a janela de amaciamento. Isto pode ser feito com médias ou com medianas, sendo as medianas preferidas no caso da série apresentar *outliers*.

Este amaciamento consiste em limpar ruídos pelo cálculo de médias de um conjunto reduzido de pontos da amostra em análise. A Tabela 20 mostra um exemplo do procedimento para um M igual a 3, de uma variável hipotética nos últimos 12 meses.

**Tabela 20. Exemplo para ilustrar o amaciamento pela média móvel. Elaborada pelo autor.**

Corrida	Variável	M	Erro M	Erro quadrático M	MA	Erro MA	Erro quadrático MA
1	65.00%	86.00%	-21%	4.41%			
2	66.00%	86.00%	-20%	4.00%			
3	67.00%	86.00%	-19%	3.61%	66.00%	1.00%	0.01%
4	69.00%	86.00%	-17%	2.89%	67.33%	1.67%	0.03%
5	74.00%	86.00%	-12%	1.44%	70.00%	4.00%	0.16%
6	79.00%	86.00%	-7%	0.49%	74.00%	5.00%	0.25%
7	85.00%	86.00%	-1%	0.01%	79.33%	5.67%	0.32%
8	91.00%	86.00%	5%	0.25%	85.00%	6.00%	0.36%
9	98.00%	86.00%	12%	1.44%	91.33%	6.67%	0.44%
10	105.00%	86.00%	19%	3.61%	98.00%	7.00%	0.49%
11	112.00%	86.00%	26%	6.76%	105.00%	7.00%	0.49%
12	121.00%	86.00%	35%	12.25%	112.67%	8.33%	0.69%
<b>Média</b>	<b>86.00%</b>	<b>86.00%</b>	<b>0.00%</b>	<b>3.43%</b>	<b>84.87%</b>	<b>5.23%</b>	<b>0.32%</b>

Propositadamente foi feito um cálculo do erro quadrático com um cálculo da média aritmética. O erro quadrático EQM = 3,43% e se comparado ao erro quadrático da média móvel EQMA = 0,32% se aprecia uma grande diferença. Esse valor se aproxima muito ao valor do erro quadrático médio para uma regressão linear simples que é de 0,16%.

#### 4.6.3.2 Amaciamentos exponencial

Um outro método comumente utilizado é o amaciamento exponencial que responde a seguinte equação:

$$S_t = \alpha \cdot y_{t-1} + (1 - \alpha) \cdot S_{t-1} \quad \text{Equação 98}$$

com

$$0 < \alpha \leq 1 \quad e \quad t \geq 3$$

O amaciamento não tem valor de S1 e geralmente S2 = x1. Onde x denota pontos da série original. Este amaciamento é chamado exponencial porque cada soma registra informação de todas as somas anteriores e se fosse desenvolvida uma equação cartesiana da iteração se obteria uma equação exponencial decrescente para o termo (1- $\alpha$ ).

O melhor  $\alpha$  é aquele que minimiza a média do erro quadrático.

#### 4.6.4 Os tipos usuais de comportamento das variáveis medidas – Análise qualitativo

Em função do comportamento gráfico das medidas de desempenho podem-se tirar algumas conclusões interessantes, isto faz parte da abordagem EDA – Análise Exploratória de Dados, do inglês *Exploratory Data Analysis*. Esta abordagem tem uma variedade de técnicas, sendo gráficas a maior parte delas, que permitem:

1. Maximizar o conhecimento do conjunto de dados;
2. Descobrir padrões ocultos;
3. Extrair variáveis importantes;
4. Detectar *outliers*;
5. Reconhecer causas comuns e causas assinaláveis.

As técnicas gráficas são relativamente simples e, portanto, com enorme potencial de aplicação tanto na operação quanto na gestão da manufatura. São técnicas de representação gráfica: histogramas, gráficos sequenciais, gráfico de probabilidade normal, gráficos de médias de desvio-padrão e *box-plots*, dentre outros.

Em geral, os principais comportamentos que podem ser encontrados para medidas de desempenho são os apresentados a seguir. Eles têm particular relevância para as medidas de controle dos processos técnicos, a base para a excelência operacional.

#### 4.6.4.1 Tendência

Tendência pode ser definida como um movimento contínuo para cima ou para baixo ou mais precisamente como uma longa seqüência de pontos sem mudança de direção (WEC, 1956).

Quando a tendência dos dados não alcança para situar a média em outro nível. Isto é, não é ultrapassado o limite de controle dado pelo  $\pm 3 \sigma$ , então se está na presença de pequenas mudanças graduais, comuns no início de qualquer programa de melhoria da qualidade, promovidas pela gestão da rotina.

São causas usuais de tendência em processos técnicos que devem ser cuidados como parte da rotina:

- Desgaste de material;
- Mudança nos padrões técnicos;
- Efeitos sazonais de todo tipo;
- Programas de melhoria;
- Manutenção inadequada de equipamentos e programas de melhoria.
- Mudanças em programas de manutenção;
- Introdução gradual de novos materiais;
- Treinamento gradual de funcionários em procedimentos operacionais.

#### 4.6.4.2 Ciclos

São curtas tendências nas medidas de desempenho que ocorrem em padrões repetitivos. Como qualquer outra tendência de padrão repetitivo, isto deve ser tratado como devido a uma causa assinalável. Pode acontecer devido a qualquer parâmetro que se repete no tempo, como cansaço de funcionários, mudança de turno, uso periódico de instrumentos de medição com diferente calibração, etc.

Dentre outras, são causas usuais de tendência em processos técnicos:

- Rotação de pessoal;
- Excentricidade nas fixações;
- Diferentes procedimentos de medição utilizados;
- Diferenças no instrumental usado para medir;
- Flutuações de temperatura, umidade, voltagem, etc.
- Mudanças regulares entre turnos de trabalho.

#### 4.6.4.3 Instabilidade

A instabilidade é caracterizada por um comportamento errático com grandes flutuações de um lado e outro dos limites de controle. Segundo o WEC Handbook (1956) este comportamento pode-se dar por dois caminhos:

- Uma única causa: capaz de afetar a média ou a variação do processo;
- Várias causas: cada uma capaz de afetar a média ou a variação.

Quando este comportamento é originado por várias causas torna-se muito complexo e pode ser muito difícil encontrar as causas importantes.

Para encontrar as causas da instabilidade primeiro deve-se tentar encontrar misturas instáveis (mais fáceis de encontrar). O procedimento usual nestes casos é quebrar o problema em várias partes menores até que se simplifique o suficiente para tirar uma conclusão.

Causas deste tipo de comportamento são:

- Sobre-ajuste das máquinas;
- Diferentes qualidades de materiais colocadas juntas;
- Controles automáticos erráticos;
- Código errado de algum material que às vezes pode ser montado ou não;
- Diferenças em aparelhos de medição ou em procedimentos para testar;
- Máquina que necessita conserto.

#### **4.6.4.4 Misturas**

É um caso especial de instabilidade. Quando ocasionalmente é colocado um sistema diferente de causas pode-se ver uma mistura que logo desaparece, isto é um caso especial que pode ser chamado agrupamento ocasional. Este tipo de comportamento é mais fácil de reconhecer no gráfico de indivíduos.

São causas de misturas:

- Mudança na calibragem de um instrumento de medição;
- Funcionário não preparado medindo;
- Erros na representação gráfica;
- Peças rejeitadas que entram por erro no processo;
- Mudanças nas técnicas de classificação.

#### **4.6.4.5 Excentricidades**

Este comportamento surge pela presença de um dado estranhamente diferente dos outros. Ocasionalmente pode ser devido a uma característica do processo, porém o mais provável seja um erro de cálculo e, portanto, um *outlier*.

#### **4.6.5 Análise sobre as unidades de desempenho**

Nas seções anteriores foram apresentadas técnicas estatísticas para análises amplas de cada medida de desempenho. Um estágio mais avançado de análise é dado pelo estudo das relações



entre medidas. Pois, às vezes é necessário saber qual o fator que mais impacta em determinado resultado, em outras palavras qual/is a/s causa/s de destaque para explicar o comportamento do efeito. Novamente o suporte técnico é dado pela estatística, em particular a análise de regressões lineares simples e múltiplas.

A proposta é simples: aproveitar os relacionamentos mostrados no mapa-arquétipo e nas unidades de desempenho apresentados no capítulo anterior e utilizá-los como ponto de partida do relacionamento entre fatores da empresa. É claro que se a empresa já tem seu mapa estratégico ou qualquer outro modelo de relacionamento entre medidas desenvolvido poderá ser usado como ponto de partida. Estes fatores como já explicado estão representados por medidas de desempenho e será através delas que serão avaliados os relacionamentos por meio de análise de regressão.

Se algum relacionamento entre fatores proposto não se mostrar forte o suficiente para continuar no modelo inicial, as medidas de desempenho que o representam podem bem ser candidatas a abandonar o SMD em uso ou pelo menos a modificar seu relacionamento. Antes de começar este desenvolvimento deve-se notar que medidas correlacionadas não necessariamente implicam em relação causal entre elas, porém medidas não correlacionadas necessariamente indicam relacionamento causal fraco para o período em estudo.

#### 4.6.5.1 Gráfico de dispersão e regressão linear simples – estudando as relações causais

O gráfico de dispersão entre resultados de duas medidas de desempenho é a primeira ferramenta que os gestores têm para analisar relações entre dois fatores (Figura 101).

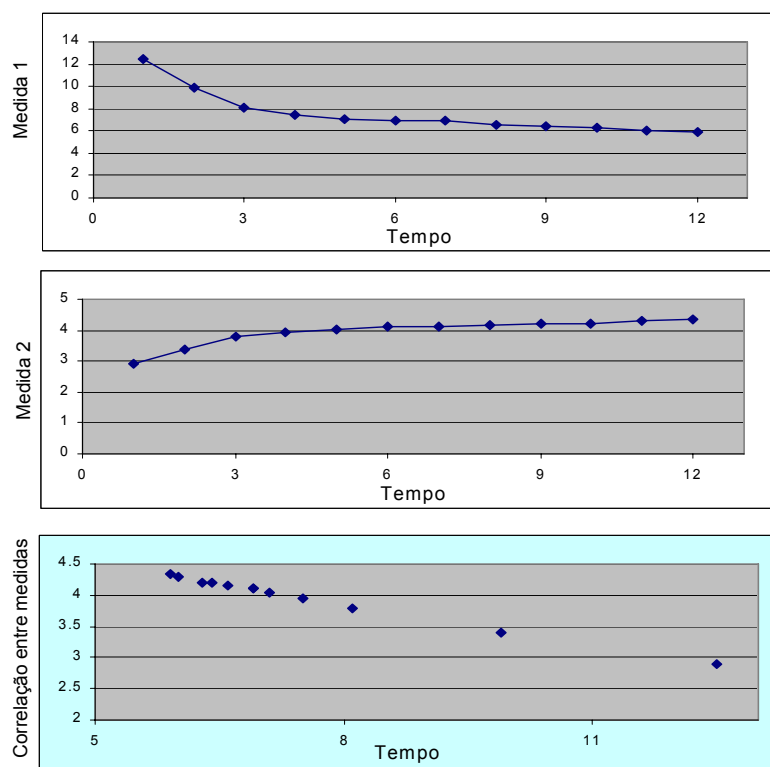


Figura 101. Exemplo de correlação entre variáveis. Elaborada pelo autor.

Com este diagrama pode-se entender se existe um relacionamento e qual o tipo de relacionamento. No exemplo da Figura 101, apesar da primeira medida de desempenho parecer bem explicada por uma função de tipo  $y=x^c$  com  $c$  negativo e da segunda medida poder ser aproximada por uma função logarítmica, o diagrama de dispersão correspondente ao relacionamento entre as duas medidas parece ser bem aproximado por uma regressão linear. Note-se que para poder construir este gráfico é necessário ter pares ordenados de pontos para as variáveis em estudo que correspondam a um mesmo tempo de análise. Também é preciso um levantamento consistente de dados no tempo para poder encontrar uma regressão confiável e, portanto, útil. Pode-se falar em 10 dados por cada medida de desempenho em estudo (MONTGOMERY E RUNGER, 2003).

Já se o relacionamento se mostrar linear no gráfico de dispersão, então pode-se usar a regressão para obter um modelo empírico que permita calcular o grau de relacionamento das duas medidas de desempenho, por meio de  $r^2$  (coeficiente de determinação) para entender quanto do comportamento dos dados é explicado por uma aproximação linear.

De fato, se há suspeita da existência de um relacionamento causal entre medidas de desempenho, pode ser testada, por separado, cada medida direcionadora para a medida de resultado e ver qual o coeficiente de determinação para cada relacionamento. Os coeficientes maiores indicam qual a medida que está mais relacionada e isto responde à principal pergunta que os donos das medidas podem ter: Qual é o fator que mais pesa no resultado que se está obtendo?

#### 4.6.5.2 Regressão linear múltipla – estudando as relações causais

Donos de medidas podem querer criar um modelo multifator para entender o comportamento de uma medida de desempenho. Em uma análise deste tipo deve-se tomar a precaução de analisar todas as variáveis ao mesmo tempo e com a mesma quantidade de dados na série temporal, já que o  $r^2$  vai aumentar ou diminuir com mais pontos em análises. Assim, poderia ser respondida a pergunta sobre quais variáveis realmente aportam tão pouco à interpretação no quadro geral que não mereçam ser pensadas como importantes no modelo empírico.

A regressão linear múltipla permite contornar as situações descritas acima. Por exemplo, uma regressão polinomial quadrática de uma variável pode ser transformada para uma regressão linear de duas variáveis e em geral:

$$Y = \beta_0 + \beta_1 \cdot x + \beta_2 \cdot x^2 + \dots + \beta_k \cdot x^k + \varepsilon \quad \text{Equação 99}$$

$$Y = \beta_0 + \beta_1 \cdot x_1 + \beta_2 \cdot x_2 + \dots + \beta_k \cdot x_k + \varepsilon \quad \text{Equação 100}$$

com

$$x_1 = x; \quad x_2 = x^2; \quad x_k = x^k$$

Também é possível investigar o efeito cruzado entre variáveis, isto quer dizer a variação de uma medida direcionadora afetada por outra medida direcionadora e juntas afetando uma medida de resultado. Isto pode ser modelado assim:

$$Y = \beta_0 + \beta_1 \cdot x_1 + \beta_2 \cdot x_2 + \beta_{12} \cdot x_1 \cdot x_2 + \varepsilon \quad \text{Equação 101}$$

e se

$$x_3 = x_1 \cdot x_2; \quad e \quad \beta_3 = \beta_{12}$$

então:

$$Y = \beta_0 + \beta_1 \cdot x_1 + \beta_2 \cdot x_2 + \beta_3 \cdot x_3 + \varepsilon \quad \text{Equação 102}$$

De novo uma regressão linear múltipla.

A obtenção dos coeficientes de um modelo de regressão múltipla é dada pelo método dos mínimos quadrados, igual que na regressão simples.

A equação :

$$Y = \beta_0 + \beta_1 \cdot x_1 + \beta_2 \cdot x_2 + \dots + \beta_k \cdot x_k + \varepsilon \quad \text{Equação 103}$$

pode ser representada da seguinte forma:

$$y_i = \beta_0 + \sum_{j=1}^k \beta_{j_k} \cdot x_{ij} + \varepsilon \quad \text{Equação 104}$$

O método dos mínimos quadrados propõe encontrar e resolver um sistema de equações lineares para os coeficientes das variáveis independentes tal que minimizem o valor total do erro ao quadrado  $\varepsilon^2$ .

Assim:

$$L = \sum_{i=1}^n \varepsilon_i^2 = \sum_{i=1}^n \left( y_i - \beta_0 + \sum_{j=1}^k \beta_{j_k} \cdot x_{ij} \right)^2 \quad \text{Equação 105}$$

Para minimizar esta equação será necessário encontrar e minimizar as derivadas parciais respeito de cada coeficiente  $\beta_j$ .

Para poder conseguir isto se tem que contar com pelo menos um dado a mais do que os regressores dos quais se pretendem encontrar os coeficientes. Isto é  $n > k$ .

Uma vez obtidos os coeficientes<sup>17</sup> a suposição inicial dos mínimos quadrados é que a somatória dos erros  $\varepsilon$  seja independente e normalmente distribuída com média zero e variância  $\sigma^2$ . A partir daí pode-se desenvolver um teste de significância da regressão múltipla que na sua forma simplificada pode ser usada para testar uma regressão simples.

O teste que será apresentado é um teste de variância com as hipóteses:

$$\begin{aligned} H_0 : \beta_1 &= \beta_2 = \dots = \beta_k \\ H_1 : \beta_j &\neq 0 \quad \text{para no mínimo um } j \end{aligned}$$

Para elaborar o teste é necessário dividir a soma quadrática total  $SQ_T$  da variação na soma quadrática devido à regressão  $SQ_R$  e a soma quadrática do erro  $SQ_E$ :

$$SQ_T = SQ_R + SQ_E \quad \text{Equação 106}$$

Considerando que quanto mais significantes seja a regressão uma maior parte da variação total  $SQ_T$  tem que ser explicada por  $SQ_R$  e, portanto, tem que sobrar pouco para o erro  $SQ_E$ , pode-se realizar um teste por meio da *distribuição F*. Isso porque cumprindo-se a hipótese  $H_0$  então  $SQ_R/\sigma^2$  é uma variável aleatória qui-quadrado com  $k$  graus de liberdade. Dada as hipóteses iniciais sobre variação normal do erro se pode mostrar que  $SQ_E/\sigma^2$  é também uma variável aleatória qui-quadrado com  $n-p$  graus de liberdade. Então:

$$F_0 = \frac{SQ_R/k}{SQ_E/(n-p)} = \frac{MQ_R}{MQ_E} \quad \text{Equação 107}$$

Devendo-se rejeitar  $H_0$ , assumindo que realmente a regressão é significativa para a significância  $\alpha$  se  $F_0 > f_{\alpha, k, n-p}$ .

Considerando que o coeficiente de determinação múltipla  $r^2$  é igual a:

$$r^2 = \frac{SQ_R}{SQ_T} = 1 - \frac{SQ_E}{SQ_T} \quad \text{Equação 108}$$

---

<sup>17</sup> Na prática este cálculo é feito por software de estatística. Podem ser citados o Minitab, SAS e Statistica dentre outros. Para maior teoria sobre este assunto se podem consultar livros como Montgomery e Runger (2003), Myers (1990) e Daniel & Wood (1980).

é facilmente demonstrável que:

$$F_0 = \frac{r^2/k}{(1-r^2)/(n-k-1)} \quad \text{Equação 109}$$

Testando  $F_0 > f_{\alpha,k,n-k-1}$ .

Todos estes valores aparecem nas saídas computacionais de *softwares* estatísticos.

Uma saída típica de uma análise de significância regressão múltipla contém as somas da variação das variáveis, do erro, os graus de liberdade de cada variação, as médias quadráticas da variação e o valor da estatística  $F_0$  para ser comparado com  $f$  da distribuição padrão tabelada (Tabela 21).

**Tabela 21. Análise de variância para testar a significância da regressão**

Fonte de variação	Soma quadrática	Graus de liberdade	Média quadrática	$F_0$
Regressão	$SQ_R$	$k$	$MQ_R$	$MQ_R / MQ_E$
Erro ou resíduo	$SQ_E$	$n-p$	$MQ_E$	
Total	$SQ_T$	$n-1$	$MQ_T$	

Por exemplo, a saída do pacote computacional *Statística*® está dada na Figura 102.

Analysis of Variance; DV: Var3 (Qilometrager)					
Effect	Sums of Squares	df	Mean Squares	F	p-level
Regress.	102.9747	2	51.48734	4.548157	0.036351
Residual	124.5253	11	11.32048		
Total	227.5000				

**Figura 102. Saída do *Statística*®.**

Onde a regressão é significativa com um grau de confiança de 3,6% ( $p=0,036$ ).

No entanto, a principal questão que deve ser estudada para entender o comportamento de sistemas de manufatura é: quais os fatores que mais afetam o resultado?

A regressão linear múltipla pode responder a esta questão, sem precisar entrar em análises mais detalhadas. Sempre pensando no nível de ruídos que existe em um sistema de manufatura e que se aplica o princípio de ser melhor obter um resultado rápido e em tempo do que um melhor resultado tardio.

Assim se pode saber qual a contribuição de cada variável à explicação do resultado conduzindo uma análise por meio dos coeficientes de regressão  $\beta$  que multiplicam aos regressores. O único problema é que estes coeficientes individualmente não podem explicar a contribuição de cada regressor já que não são diretamente comparáveis entre eles, apesar de

representar a contribuição que cada regressor tem individualmente para o resultado. Este cálculo depende do intervalo de variação de cada regressor, por isso é necessário utilizar os coeficientes padronizados  $\beta P$  que são os coeficientes de regressão obtidos pela padronização de todos os regressores para uma média igual a 0 e um desvio-padrão de 1.

A Figura 103 mostra uma saída do *Statistica*® mostra uma tabela para um exemplo hipotético.

Regression Summary for Dependent Variable: NewVa R= .99953003 R²= .99906029 Adjusted R²= .9988514 F(2,9)=4784.2 p<.00000 Std.Error of estimate: .15219					
N=12	Beta	Std.Err. of Beta	B	Std.Err. of B	t(9)
Intercept			14.75899	0.190963	77.28729
NewVar	1.002900	0.012586	2.35390	0.029540	79.68542
Var1	-0.005792	0.012586	-0.01425	0.030957	-0.46021

**Figura 103. Exemplo de tabela do *Statistica*®.**

Note-se que a os valores de Beta (1,0029 e -0,005792) são diferentes dos valores de  $\beta$  (2,3539 e -0,01425), como dito isto tem a ver com o intervalo de variação de cada regressor, por isso a normalização. Os valores próximos de 0 são os que menos contribuem e os valores maiores em módulo são os que mais contribuem ao comportamento da variável.

#### **4.6.5.3 A matriz de relacionamento – estudando as relações causais**

Esta é a ferramenta estatística mais importante no estudo quantitativo das unidades de desempenho, pois SMD necessariamente devem ajudar a entender se efetivamente existem relacionamentos com significância estatística entre suas medidas de desempenho. É de se esperar que se um fator está relacionado a um outro fator por uma relação causal, então as medidas de desempenho que representam estes fatores tenham uma correlação expressiva no decorrer do tempo. Isso precisa ser confirmado pelos números.

Propõe-se como ferramenta uma matriz de regressão que deve conter os dados em análise das medidas de desempenho, todas as medidas das quais se deseja saber o seu relacionamento devem formar parte da matriz. Com a ferramenta é calculado qual o regressor que mais contribui com o resultado por meio dos coeficientes Beta padronizados. Na Figura 104 é o regressor X3 quem efetivamente mais contribui ao resultado.



- Essa meta é inatingível e vai comprometer a satisfação de todo o time;
- Essas metas vão gerar um comportamento vicioso para tentar manter as máquinas ocupadas o tempo todo;
- O setor de fundição se verá sempre favorecido na premiação e nós da usinagem vamos ser prejudicados;
- Não falei tudo o que tinha a dizer porque não consigo prever as conseqüências de mostrar essas ineficiências;
- Esse indicador que dizem ser tão importante para meu setor é a primeira vez que o vejo.

Esta é a realidade a encarar, a solução começa com melhorias nas reuniões de revisão do desempenho. Pois não tem medida de desempenho que não seja aperfeiçoável contando-se com um processo robusto de medição de desempenho.

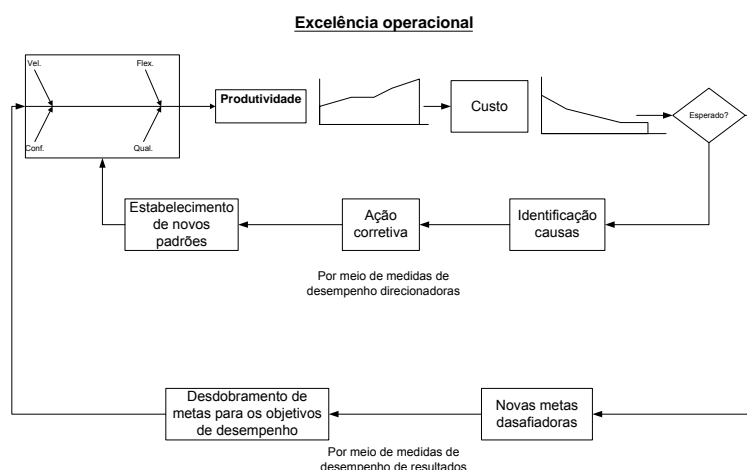
Algumas características de uma boa revisão do desempenho são enumeradas a seguir, onde também se mostra a contribuição deste método para tornar essas reuniões uma realidade:

1. Reuniões com as pessoas adequadas para a tomada de decisão em função dos assuntos tratados. Pessoas presentes têm que entender os 5W1H dos assuntos tratados. O método proposto para a criação de medidas, baseado em problemas acordados entre o time de transformação, a geração de medidas por parte dos donos e a sua confirmação em plenária pelo time de transformação neste quesito;
2. Uso de medidas de desempenho como evidências de cada problema citado;
3. Relacionamentos lógicos entre um problema e suas causas usado como parte da introdução ao problema;
4. Medidas de desempenho usadas devem ser auto-explicativas, as características gráficas apresentadas neste trabalho para as medidas cumprem este requisito;
5. Mecanismo de revisão desdobrado desde a estratégia até a operação, com freqüências diferenciadas;
6. Alto comprometimento da direção com os resultados e ações discutidos nas revisões;

Pode-se dizer que a solução ideal deve ser adaptada à realidade organizacional de cada empresa, porém as freqüências devem ser menores para a Unidade Básica Gerencial (UBG) e maiores na medida em que se tratem assuntos estratégicos. No entanto uma estratégia para o sistema de manufatura deve ser implementada em um plano tático com base anual e uma freqüência adequada de monitoramento sobre o seu andamento mensal. Portanto, a revisão de desempenho operacional deve ser revista semanalmente. No caso da empresa não ter uma cultura de realização de revisões críticas é recomendável começar com uma freqüência quinzenal ou até semanal para a revisão tática-estratégica para ir entendendo o comportamento das medidas de desempenho e depois passar a uma freqüência mensal.

Na Figura 105 é apresentado um roteiro básico de como deve ser trabalhado a apresentação de cada problema e seus resultados em uma revisão de desempenho típica.



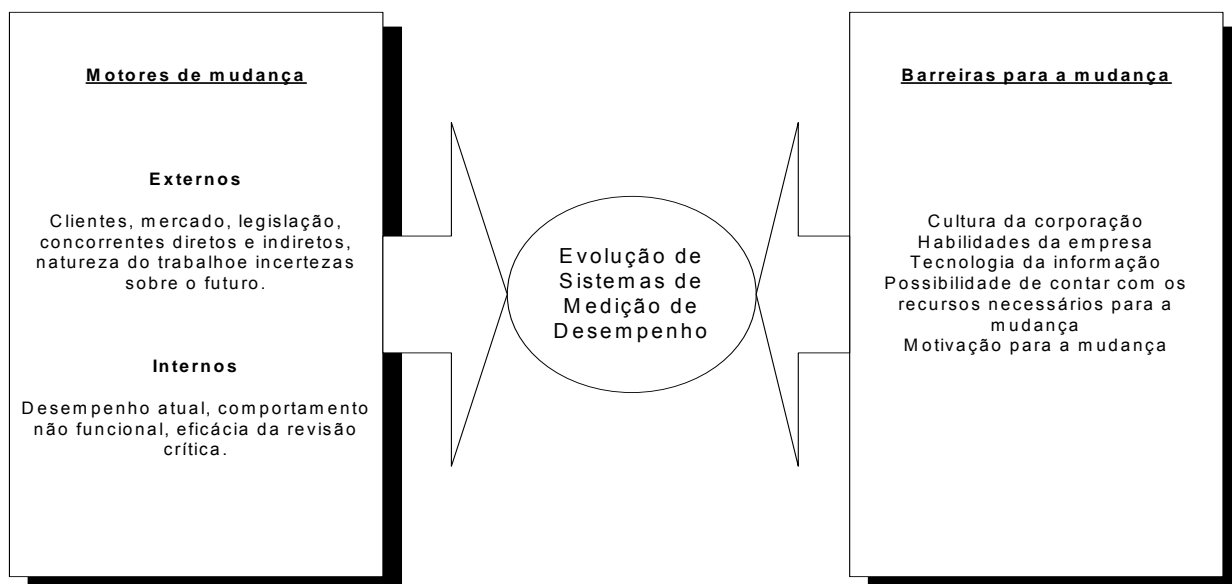


**Figura 105. Ação para a melhoria da excelência operacional por meio de medidas de desempenho.**

Um bom desdobramento pelas diretrizes com metas claramente definidas seguramente ajudará a ter boas reuniões de revisão, ao mesmo tempo as medidas de desempenho são a única ferramenta para estabelecer metas agressivas e claras. E é também a única maneira de poder escutar a voz do processo na hora de definir as metas. Em particular, o autor acredita que antes de ter uma meta mal dimensionada melhor não ter meta, e é o histórico da medida em conjunto com as ações planejadas para melhorá-la quem poderá em um processo de profunda reflexão dos gestores ajudar a dimensionar adequadamente as metas, conseguindo assim unidade de ação e motivação da força de trabalho.

#### 4.6.7 Refinamento, melhoria e manutenção das medidas - um ciclo contínuo

É um processo que deve ser responsabilidade do mestre das medidas e deverá estar baseado profundamente no uso dado às medidas por parte dos donos de cada medida e o sentimento de utilidade no seu uso quando executadas as revisões críticas de desempenho. É necessário reconhecer que tanto barreiras externas quanto internas aparecerão para impedir um bom uso do SMD. Essas barreiras acabam se contrapondo aos motores da mudança do SMD que deram nascimento ao seu desenvolvimento, como mostrado na Figura 106.



**Figura 106. Barreiras para o desenvolvimento de SMD. Fonte: Kennerley e Neely (2002).**

#### **4.7 Avaliação do Método de avaliação e desenvolvimento DAPIU**

O método apresentado neste trabalho tem uma ferramenta de avaliação por parte do usuário que possibilitará a sua melhoria contínua. O questionário de avaliação para ser pontuado pelas pessoas que participaram do consenso do diagnóstico, do time de transformação ou se envolveram fortemente durante alguma parte do método. É apresentado no Quadro 9:

Quadro 9. Avaliação do método DAPIU. Adaptado Rentes (2000).

Assunto	Tópico		Deficiente	Regular	Adequado	Muito bom
Diagnóstico	1	Velocidade de levantamento dos dados				
	2	Abrangência de aspectos avaliados				
	3	Fomento de motivação para a mudança				
	4	Clareza na identificação da necessidade da empresa				
	5	Concordância com os resultados apresentados				
Liderança	6	Escolha das lideranças para o processo de mudança				
	7	Desenvolvimento da visão para o processo de mudança				
	8	Comprometimento com o processo de mudança				
Alinhamento	9	Foco nos problemas principais do sistema de manufatura				
	10	Alinhamento das medidas projetadas para criar foco na ação				
Comunicação	11	Comunicação do ponto de partida e objetivo				
	12	Comunicação durante o processo de transformação				
	13	Coleta de feedback por parte do facilitador				
	14	Divulgação dos resultados				
Projeto	15	Processo de desenvolvimento com os donos definidos				
	16	Entendimento das ferramentas de apoio do projeto				
	17	Satisfação geral dos donos das medidas com as suas medidas				
Motivação	18	Tratamento dos obstáculos que bloquearam o desenvolvimento				
	19	Atribuição de responsabilidades para cada ator do processo				
Participação	20	Condução do processo participativo				
	21	Atenção aos receios manifestados pelos diferentes atores				
Infraestrutura	22	Alocação de pessoas às equipes de transformação				
	23	Criação de disponibilidade de tempo para os participantes				
	24	Definição clara da estrutura para transformação				
Implementação	25	Adequação entre tecnologia e necessidade dos gestores				
	26	Organização dos trabalhos de coleta de dados				
	27	Velocidade de implementação				
Planejamento	28	Definição e comunicação de cronograma para a transformação				
	29	Escolha do momento de início da transformação				
Treinamentos	30	Compartilhamento de conhecimentos				
	31	Treinamento em novas ferramentas				
Revisão crítica	32	Definição clara do procedimento de revisão do desempenho				
	33	Clareza de como serão usadas as medidas no futuro				
	34	Percepção de valor das medidas desenvolvidas				

Deficiente	Desenvolvimento falhou neste quesito e isto comprometeu inteira ou parcialmente os resultados.
Regular	Houve preocupação neste quesito, porém não foi suficiente e afetou parcialmente os resultados.
Adequado	Desenvolvimento foi bem sucedido neste quesito e os resultados não foram comprometidos.
Muito bom	Desenvolvimento foi bem sucedido neste quesito e isto alavancou os resultados finais.

#### 4.8 Síntese do método

Em resumo, o método tem as seguintes características:

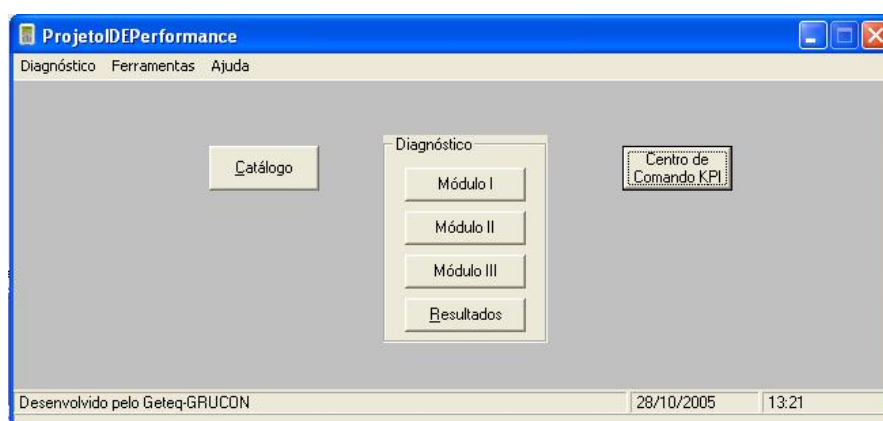
- Cinco etapas bem definidas e fáceis de lembrar pelo acrônimo DAPIU;
- Ferramentas básicas e avançadas para cada uma das etapas;
- Fase de Diagnóstico iniciada com um diagnóstico rápido que é contribuição original desta tese;

- Proposta de desenvolvimento de medidas envolvendo os futuros usuários nos estágios iniciais do projeto em assuntos considerados problemas reais do sistema de manufatura. Este desenvolvimento também é contribuição desta tese;
- Modelo de desempenho próprio para o sistema de manufatura, baseado em desdobramento de medidas de desempenho desde a excelência operacional e discutindo seu relacionamento com estratégia para o sistema de manufatura;
- Ênfase na distinção entre ruídos e sinais para contar com boas medidas de desempenho individuais e de relacionamento causal entre medidas para aprender sobre o sistema de manufatura como um todo;
- Consideração sobre os laços de realimentação positivos e negativos presentes em sistemas complexos, como um alerta para gestores da manufatura.

#### 4.9 O software DAPIU para diagnóstico e gerenciamento do SMD

Com parte deste trabalho foi desenvolvido um *software* para assistir a gestão do desempenho do sistema de manufatura por meio de medidas de desempenho. O utilitário foi desenvolvido por programação em Visual Basic 6.0, aproveitando todos os recursos de comunicação que esta linguagem possui com o pacote Office® da Microsoft. O objetivo principal do *software* é agregar grande parte da pesquisa desenvolvida em uma ferramenta útil para os donos das medidas da empresa e especialmente para o mestre das medidas, facilitando a implantação de modernos SMD em empresas de pequeno e médio porte. O ambiente de desenvolvimento do aplicativo não é sofisticado, como não é na maioria das empresas que implantam *softwares* de apoio à medição de desempenho. De fato, os sistemas de medição de desempenho existentes em empresas não se caracterizam por estar em um ambiente altamente computarizado (Manual FPNQ, 2001).

A interface com o usuário do aplicativo desenvolvido é apresentada na Figura 107.



**Figura 107. Módulo inicial do software para tratamento de dados.**

O *software* está organizado em três grandes seções:

- Catálogo de medidas de desempenho;
- Diagnóstico de SMD; e
- Centro de comandos de medidas de desempenho.

#### 4.9.1 O catálogo de medidas de desempenho

Esta seção tem um objetivo educativo e ao mesmo tempo de suporte para a escolha de medidas de desempenho modernas que assistam uma gestão de sistemas de manufatura enxutos.

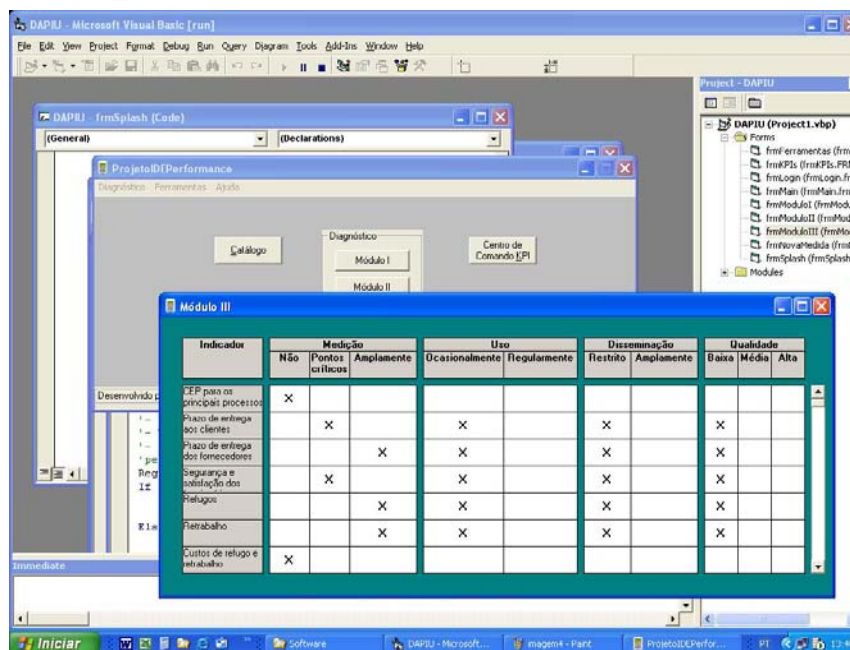
A base de dados que contém as medidas de desempenho foi desenvolvida em Access® e está disponível ao mestre das medidas clicando no botão correspondente.

A Figura 109 mostra a interface com o usuário.

**Figura 108. Repositório de medidas em banco de dados.**

#### 4.9.2 O Diagnóstico

Esta seção é a sistematização do diagnóstico apresentado na seção 4.2.2 que é o coração das etapas de definição e análise desta tese. Por sua vez esta seção está dividida em três subseções, cada uma correspondente a uma parte do questionário diagnóstico. A Figura 109 mostra a planilha de verificação do módulo III:



**Figura 109. Imagem do Módulo Diagnóstico do software DAPIU.**

A proposta é que o mestre das medidas execute com uma frequência anual ou maior um diagnóstico de como se encontra o SMD, entender quais os objetivos de desempenho podem estar mal avaliados e quais as necessidades dos diferentes gestores do sistema.

#### 4.9.3 O centro de comandos dos indicadores

Esta é a seção mais importante do *software*, nela os gestores do sistema de manufatura passarão a maior parte do tempo, pois faz parte do seu dia-a-dia. Por outro lado esta seção só será utilizada no caso da empresa não ter um outro suporte informático já vigente. Todo o *software* e em especial este módulo foi desenhado para o uso do mestre das medidas. Conceitualmente é um interfaceamento lógico entre as planilhas de Excel® que são o substrato para cada medida e um gerenciador destas medidas (Figura 110).

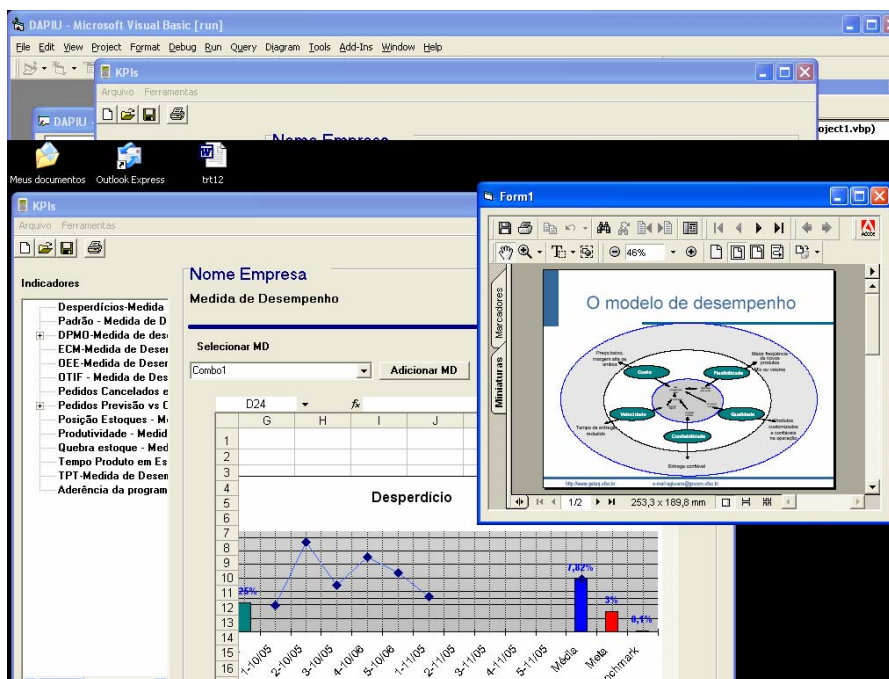


Figura 110. Imagem do Centro de comandos DAPIU.

As principais funções que tem este módulo são:

- Uma árvore comum com todas as medidas para o sistema de manufatura;
- Na mesma árvore o relacionamento causal entre medidas;
- Criação de medidas, modificação e eliminação feita através da interface;
- Relatório disponível;
- Ferramentas de apoio:
  - Modelo de desempenho;
  - Relacionamento causal;
  - Fichas com identidade das medidas;
  - Mapa-arquétipo.

## 5 PESQUISA DE CAMPO

*O problema é que determina o tipo de pesquisa científica a ser desenvolvida. Salomon (1991).*

Neste capítulo são mostrados os passos executados e os resultados alcançados na pesquisa de campo desta tese. Como mencionado na introdução, a pesquisa sobre medição de desempenho tem avançado muito nos últimos anos e os principais autores do campo de estudo coincidem em que se chegou à fase que se poderia chamar de *implementação* em empresas. Considera-se que os trabalhos conceituais sobre o assunto são suficientes e maduros e que é hora da implementação deles na prática. Por isso, o foco desta pesquisa foi a construção de um método para desenvolvimento de medidas de desempenho adequadas ao sistema de manufatura de empresas. Para esta pesquisa os clientes naturais são os gestores de todos os níveis do sistema de manufatura.

A questão de pesquisa que guiou esta tese e definiu o problema em forma ampla foi:

***Como desenvolver e implementar um sistema de medição de desempenho para suporte à efetiva melhoria do sistema de manufatura, promovendo a manufatura enxuta em empresas de bens manufaturados?***

Esta questão ampla é apenas o ponto de partida e a garantia de foco da pesquisa (Eisenhardt, 1989).

Para poder responder esta questão foi preciso saber, dentre outras coisas, quem utiliza e como se utilizam as medidas de desempenho nas empresas? Quais as necessidades do dia-a-dia da gestão operacional? Quais as ferramentas e modelos mais usados nesse sentido? Quais as principais decisões a serem tomadas no sistema de manufatura?

A questão de fomentar um sistema de manufatura enxuto é abordada conceitualmente através do modelo apresentado no capítulo 3 e que forma parte das ferramentas do método apresentadas no capítulo 4.

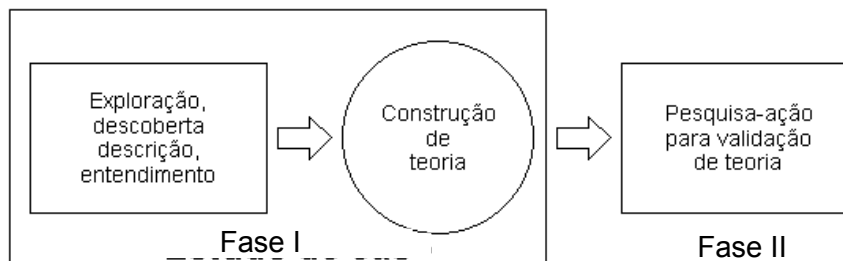
Decidiu-se pela construção de um método para o desenvolvimento de medidas de desempenho que cumpram com a condição de dar suporte às atividades de gestão operacional do sistema de manufatura seguindo esse modelo, como forma de responder à questão de promover a manufatura enxuta.

O planejamento da pesquisa envolveu a criação de um macro-projeto que divide o processo de pesquisa basicamente em dois módulos, um módulo exploratório e de construção de teoria, e um módulo de validação da teoria construída.



## 5.1 Macro-projeto de pesquisa

Uma análise sobre a questão de pesquisa indica que é inevitável o desenvolvimento de teoria e posterior validação. A Figura 111 mostra o macro-projeto de pesquisa adotado para responder a esta questão:



**Figura 111 - Macro-projeto de pesquisa. Elaborada pelo autor.**

A pesquisa foi composta em duas fases ou módulos bem diferenciados: uma primeira fase exploratória e conceitual, através de análise teórica e empírica, com o objetivo de definir corretamente o problema da medição de desempenho operacional e, poder assim construir um modelo de desempenho e um método de desenvolvimento de medidas de desempenho aplicável ao problema; e uma segunda fase de validação empírica por meio de pesquisa-ação, para validar o grau de implementação e refinar o método proposto para desenvolvimento de medidas.

A primeira fase contém dois elementos que serão tratados de forma simultânea: o estudo exploratório e a construção de teoria. A idéia foi gerar um método para o desenvolvimento de medidas de desempenho contendo os conceitos mais importantes levantados na bibliografia e as conclusões obtidas dos casos explorados. A maior parte do tempo disponível para esta pesquisa foi usada nesta fase e como resultado visível, a construção dos capítulos 3 e 4 desta tese.

Já na segunda fase testou-se o método construído no capítulo 4 em uma unidade de pesquisa para validar o procedimento de aplicação e refinar o método. O objetivo é mostrar que o método elaborado e as ferramentas e procedimentos associados são factíveis de serem aplicados em empresas e, que no final da aplicação, obtêm-se as medidas de desempenho e os resultados esperados. Em qualquer caso esta fase serve para relatar o que aconteceu e modificar assim o método original, por isso o nome de pesquisa-ação.

### 5.1.1 Seleção do procedimento de pesquisa

Yin (1989) adverte que é um erro de conceito arranjar os métodos de pesquisa de forma hierárquica, estudo de caso para fase exploratória, pesquisa de avaliação para fase descritiva e pesquisa experimental para explicações de relações de causa e efeito. Escolher um ou outro procedimento de pesquisa, dos quatro mais comumente usados em gestão de sistemas de manufatura, depende de três fatores (Yin, 1989):

1. A questão de pesquisa;
2. As possibilidades de controlar o comportamento dos eventos a serem estudados;
3. O foco em problemas contemporâneos ao invés do foco em problemas passados.

Isso é resumido na seguinte tabela onde é mostrada a relação entre as pesquisas utilizadas usualmente em gestão de sistemas de manufatura e os fatores para escolha de procedimento (Tabela 22):

**Tabela 22. Relação entre fatores de escolha e procedimentos de pesquisa usuais em gestão da manufatura. Adaptada Yin (1989: 17).**

<i>Procedimento de pesquisa</i>	<i>Tipo de questão de pesquisa</i>	<i>Requer controle sobre eventos?</i>	<i>Foco em eventos contemporâneos</i>
<b>Pesquisa experimental</b>	Como, por que	Sim	Sim
<b>Pesquisa de avaliação estatística</b>	Quem, o que, onde, quanto	Não	Sim
<b>Estudo de caso</b>	Como, por que	Não	Sim
<b>Pesquisa-ação</b>	Como, por que	Não <sup>18</sup>	Sim

A estes fatores genéricos deve-se somar o fator relacionado aos procedimentos, comumente usado na área de conhecimento onde se insere a pesquisa, pois a última etapa de todo trabalho científico é a disseminação da teoria, e o entendimento dos pares é realmente fundamental para essa disseminação. Projetar uma pesquisa por um caminho diferente dos usuais para a área exigirá muito esforço posterior para comunicar e discutir resultados, sendo também um fator determinante para a escolha do tipo de procedimento. Por isso, na Tabela 22, apenas os quatro tipos de pesquisas mais utilizadas para sistemas de manufatura aparecem classificadas pelos fatores propostos por Yin (1989).

#### **5.1.1.1 Procedimento de pesquisa escolhido para a Fase I**

Pelo tipo de questão de pesquisa se eliminou a pesquisa de avaliação estatística, pois é o tipo de procedimento que oferece menos respostas às perguntas iniciadas com *Como?*

Através do segundo requisito pode ser eliminada a pesquisa de experimentação em campo, pois é muito difícil conseguir controle sobre as variáveis a serem estudadas para a questão de pesquisa proposta. Já o foco em eventos contemporâneos é comum a todos os quatro procedimentos de pesquisa.

Eliminadas duas das opções, só restam o estudo de caso e a pesquisa ação.

As duas pesquisas têm uma tendência crescente a serem utilizadas na área de gestão de sistemas de manufatura, sendo a pesquisa ação uma tendência mais recente ainda e, portanto,

<sup>18</sup> Não requer controle, mas atua prescrevendo diferentes eventos.

com mais controvérsias. É importante observar a dificuldade de encontrar os limites entre a pesquisa ação e o estudo de caso quando usados para fins de validação de teoria.

No entanto, quando o fim é exploratório para construção de teoria, o estudo de caso torna-se o melhor de todos já que não prescreve atitudes nas unidades de estudo e permite uma observação menos condicionada da sua realidade.

Argumentando a favor do estudo de caso pode-se citar Yin (1989) que escreve sobre a possibilidade de identificar situações onde uma estratégia de pesquisa particular tem vantagem sobre as outras. Para o estudo de caso esta situação é uma questão de pesquisa iniciada com “como” ou “por que” sendo perguntada para um conjunto de eventos contemporâneos sobre os quais o pesquisador tem pouco ou nenhum controle. Para Meredith (1998), deve-se preferir a pesquisa interpretativista (estudo de caso pertence a este tipo de pesquisa) e não os métodos racionalistas de otimização e simulação quando se trabalha na construção de teoria sobre gestão de sistemas de manufatura.

Uma pergunta se faz necessária quando se conduz estudo de caso e pesquisa-ação: como generalizar a partir deste tipo de estudos? Yin (1989) responde a esta pergunta de uma maneira simples, porém, efetiva. O estudo de caso é generalizável sim, só que a diferença dos experimentos é generalizável a proposições teóricas e não a populações ou universos de elementos. O objetivo é expandir e generalizar teorias e não enumerar frequências, conhecido como generalização estatística. A pergunta crucial para refletir a respeito é: se pode generalizar por meio de um único experimento? Esta pergunta é importante porque este tipo de pesquisa normalmente é tratada como inferior à pesquisa por experimentos e por isso, na disciplina gestão da manufatura, tem-se utilizado muitos modelos analíticos ou até simulação para poder gerar experimentos. No entanto, deve-se ter muito cuidado, porque esses modelos apenas são relevantes quando se isola o sistema em estudo do comportamento humano. Pesquisas que não realizam essa consideração são academicamente aceitas porque são auto-explicativas, mas infelizmente, tornam-se irrelevantes para a indústria e aumentam a brecha entre industriais e acadêmicos.

Com esses argumentos a favor, o estudo de caso foi avaliado como o melhor procedimento de pesquisa para a observação e construção de teoria sobre sistemas complexos que não podem ser manipulados ou controlados e precisam ser estudados no seu ambiente natural, pois é impossível reproduzir tais condições em laboratório. Inicialmente pensou-se em realizar um estudo de caso múltiplo como procedimento de pesquisa para aproveitar as vantagens de redução de tendência e aumento de generalidade citadas em Voss (2002), além de ser um procedimento apropriado quando existe algum conhecimento sobre o objeto de estudo (MEREDITH, 1998).

Porém, devido às dificuldades de acesso e financeiras para realizar este tipo de procedimento em mais de um domínio de pesquisa, e prévia avaliação técnica do conhecimento que o grupo de pesquisa tinha sobre o problema, foi decidido não passar por esse procedimento de estudo de caso múltiplo e sim um estudo de caso simples, somado com pesquisa teórica sobre

desempenho de sistemas de manufatura, e empírica informal por meio de visitas e contato com diferentes empresas.

O modelo e grande parte do método foram construídos desta forma. O estudo de caso simples serviu para terminar de elaborar o método de desenvolvimento de medidas e refinar o modelo de desempenho. Este estudo de caso foi desenvolvido na mesma unidade de pesquisa na qual se desenvolveu a pesquisa-ação para validar o método. O estudo de caso simples é apresentado mais adiante neste capítulo.

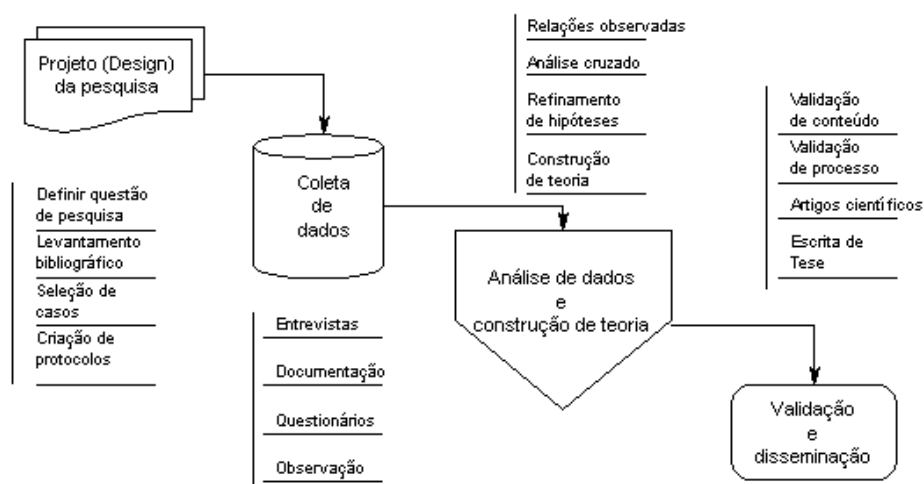
#### **5.1.1.2 Procedimento de pesquisa escolhido para a Fase II**

Pelas mesmas razões colocadas na seção anterior, são eliminadas para esta fase as possibilidades da pesquisa de avaliação estatística e de experimentação em campo. Também, vale a aclaração de que é muito difícil encontrar os limites entre a pesquisa ação e o estudo de caso quando usado para fins de validação de teoria. Na opinião deste autor, a principal diferença está dada pelo envolvimento do pesquisador com os atores do domínio de pesquisa. Como o método foi idealizado com um enfoque participativo e, portanto, a necessidade de envolvimento dos facilitadores é total, o procedimento utilizado foi pesquisa-ação. Por isso, o método de desenvolvimento de medidas pode ser considerado produto da rica iteração nesta fase de pesquisa, sem ela não teria sido possível.

### **5.2 O modelo de quatro estágios para o procedimento de pesquisa**

Qualquer processo de pesquisa, independente do tipo de procedimento escolhido, segue uma seqüência de passos genéricos que podem ser resumidos em um modelo de estágios seqüenciais. Por exemplo, Yin (1989) apresenta um modelo de três estágios já aplicado ao estudo de caso: projeto, coleta e análise de estudos de caso simples e análises comparando estudos de caso simples. Stuart *et alli* (2002) mostram um modelo de cinco estágios genéricos que consiste em definir a questão de pesquisa, desenvolver instrumentos de pesquisa, coletar dados, analisar dados e disseminar a pesquisa.

Nesta pesquisa utilizou-se um modelo de quatro estágios (Figura 112):



**Figura 112. Modelo de quatro estágios para esta pesquisa. Elaborada pelo autor**

Estes quatro estágios são alcançados com a junção das duas fases definidas no macro-projeto de pesquisa (ver Figura 111). Para a fase de validação, por pesquisa-ação, a empresa selecionada atendia as seguintes condições:

- Ter uma necessidade declarada pela alta gerência de melhorar sua medição de desempenho;
- O sistema de manufatura ser reconhecido como um dos processos chaves de seu núcleo de competências (*core competences*);
- Ter implementado ou estar implementando programas de Gestão da Qualidade Total (certificação ISO 9001);
- Estar classificada como média ou grande empresa, segundo a classificação SEBRAE, pelo critério do número de empregados, ou seja, ter no mínimo 100 ou mais empregados próprios.

### 5.3 Caso piloto: Empresa A - setor máquinas e equipamentos médicos

A empresa objeto de pesquisa piloto desta tese é uma reconhecida firma de Santa Catarina no setor de equipamentos médicos, que tem importante participação no mercado interno e externo, exportando atualmente para mais de 80 países.

O contato inicial com a empresa foi feito em agosto de 2004, através de seu responsável industrial, o diretor de expansão industrial e qualidade.

Inicialmente, trabalhou-se durante três meses em um estudo de caso que forma parte deste conteúdo, com visitas quinzenais à empresa.

No estudo de caso, utilizaram-se as técnicas de entrevistas e observação direta de instalações. As entrevistas foram todas gravadas e formam parte da documentação desta pesquisa. A ordem e datas de aplicação das entrevistas foram:

- Diretor de expansão industrial e da qualidade: 21/09/2004
- Supervisores de fábrica: 25/10/2004
- Coordenadora da qualidade: 15/11/2004
- Coordenador de Planejamento e Controle da Produção (PCP): 22/11/2004

Ao mesmo tempo em que se trabalhava no estudo de caso, foram-se estabelecendo os passos do trabalho para iniciar a pesquisa-ação, apresentando-se um plano de trabalho e definindo o líder-arquiteto da melhoria do SMD da empresa, o diretor de expansão industrial e qualidade. Isto foi assim definido porque na pesquisa-ação, que procura resultados em empresas pela mudança de suas condições iniciais, precisa-se de um forte comprometimento dos corpos gerenciais como relatado por vários autores na área.

A seguir apresenta-se o estudo de caso produto da primeira fase da pesquisa.

#### **5.4 Estudo de caso simples sobre a medição de desempenho na Empresa A S/A**

Este estudo de caso foi fruto da parceria entre o Geteq – Grupo de estudos em Gestão, Tecnologia e Qualidade pertencente ao Departamento de Engenharia Mecânica da UFSC - e a empresa Empresa A S/A, que gentilmente abriu suas portas para esta pesquisa. O estudo de caso desenvolveu-se no período 22/09/2004 a 15/12/2004 e objetivou descrever o sistema de manufatura da empresa e seu correspondente sistema de medição de desempenho. Esta pesquisa exploratória foi o início de um trabalho maior coordenado com a empresa e que consistiu em validar uma ferramenta para diagnosticar o estado, projetar e implementar sistemas de medição de desempenho em sistemas produtivos de empresas de manufatura. Neste estudo de caso se descrevem as principais particularidades do sistema de medição de desempenho da empresa, levantadas por meio de técnicas usuais de pesquisa por estudos de caso: entrevistas, observação das instalações e análise de documentação da empresa.

##### **A empresa**

A Empresa A S/A é uma jovem empresa do setor de equipamentos médicos que exporta atualmente para mais de 80 países e que vem atuando há 26 anos em Santa Catarina-Brasil.

São características gerais da empresa:

**Tabela 23. Características gerais da EMPRESA A S/A**

Características	
Número funcionários	138 em chão de fábrica – 187 total
Níveis hierárquicos	Quatro (4) – diretor geral, diretores operacionais, supervisores, operadores.
Produtos principais	Cadeiras odontomédicas (90% do volume total).
Principais etapas do sistema de manufatura	Usinagem, corte e furação, soldagem, pintura, injeção plásticos ( <i>vacuum forming</i> ), estofaria, marcenaria, montagem e embalagem.
Capacidade e carga do processo	Capacidade estimada = 1000 conj./mês Fabricação atual = 520 conj./mês
Idade dos equipamentos	Idade média dos equipamentos = 5 anos
Certificações e habilitações	ISO 9001:2000, Certificado CE para a Comunidade Européia, Testes Inmetro, BPF – Boas Práticas de Fabricação da ANVISA
Tecnologia de informação	Uso de ferramentas CAD e Intranet. ERP em fase de implantação com MRP também em implantação

A Figura 113 é uma fotografia do chão de fábrica da empresa em questão. As suas características relevantes são as seguintes:



**Figura 113. Chão de fábrica da Empresa A. Reprodução com permissão da Empresa.**

### **Exigências do cliente**

- Os clientes pertencem 55% ao mercado externo – 82 países – e 45% ao mercado interno – 60 distribuidores.
- Produção de 520 conjuntos por mês. Sendo 90% correspondentes a cadeiras odontológicas e 10% à linha médica (cadeiras ginecológicas, laboratoriais, cirúrgicas, hemodiálises, etc.).
- Pedidos variam entre 20 e 45 conjuntos para exportação e 1 a 4 conjuntos para mercado interno. Existem exceções, porém na média, isso é o que acontece.
- Saídas de pedidos da empresa em caminhão – 3 a 4 vezes por semana.

- A configuração dos produtos alcança até 5000 combinações, contabilizando as pequenas variações.

### **Processos do sistema de manufatura**

Os processos para a família de conjuntos odontológicos envolvem o pré-corte, usinagem, corte e furação (metalúrgica), solda, acabamento e pintura de chapas. O processo de moldagem em vazio das lâminas plásticas – *vacuum forming* - marcenaria e estofaria das cadeiras. A montagem 1 é das cadeiras e a montagem 2 serve para colocar os acessórios que acabam conformando os conjuntos finais, representando 5000 combinações possíveis ao total. Por último a embalagem dos conjuntos.

### **Fornecedores**

Os fornecedores recebem notas – IQF – em função do preço e qualidade. A qualidade é avaliada em função das recomendações da norma NBR-5426.

Os principais fornecedores são:

- As chapas – aços planos - são fornecidas, principalmente, pelo Grupo Gerdau
- Espumas e estofado são fornecidos por Mannes Ltda. (Jaraguá do Sul)
- As lâminas plásticas de polipropileno são fornecidas pela Mondiana Ind. Plásticos Ltda. (Biguaçu). Já o PVC – tecidos - é fornecido pela Quelson e a Bareli (São Paulo).

Outros componentes:

- Periféricos: brocas, tornos, etc. – NSK (Japão)
- Tinta (WEG),
- Motores (BOSCH)
- Eletrônica: compra-se de fornecedores, sai com a marca Empresa A S/A.

### **Controle da produção e compra de insumos**

- A empresa pede que os pedidos sejam confirmados com 15 dias de antecedência.
- Recebe os pedidos 7 dias antes da entrada no PCP.
- Faz o cálculo dos insumos necessários e libera com frequências de 15 dias para chapas e 30 dias para estofados e plásticos.
- Emite programas de produção para a montagem e para a metalúrgica semanalmente.
- Emite diariamente uma lista das prioridades que são implementadas em “caixas *kanban*” pretas e azuis.

### **Desenvolvimento de novos produtos**

Apesar da Empresa considerar estratégico o desenvolvimento de novos produtos e a customização às demandas dos clientes, o macro-processo de projeto de produtos conta atualmente com três funcionários envolvidos principalmente com tarefas operacionais de projeto.



A presença de software para assistência ao projeto é forte - CAD, CAM e CAE (SolidWorks) - e são ferramentas em uso.

### **Tempo de trabalho**

- 22 dias/mês. 1 turno para operação e administração.
- Turnos de 8,8h = 8:48min.
- Paralisação de todos os processos para almoço entre 12:00 h e 13:15 h.

### **O sistema de medição de desempenho**

As informações aqui contidas foram levantadas por meio de visita às instalações e entrevistas com o diretor de expansão industrial e coordenador da garantia da qualidade, com os supervisores de produção e com a assistente para a garantia da qualidade.

A entrevista com o diretor industrial foi conduzida dia 18/10/2004, sendo aplicado um questionário semi-estruturado com 7 perguntas gerais sobre a empresa e 16 perguntas específicas sobre medição de desempenho.

A entrevista coletiva com os supervisores de produção foi conduzida dia 25/10/2004, sendo aplicado um questionário semi-estruturado com 12 perguntas específicas sobre medição de desempenho.

A entrevista com a coordenadora da garantia da qualidade foi realizada dia 15/11/2004, sendo realizadas 4 perguntas específicas sobre medição de desempenho.

A entrevista procura descobrir a forma de pensar das pessoas da empresa sobre o assunto pesquisado e trazer a tona necessidades ou carências técnicas da empresa em questão. A visita às instalações permitiu aos pesquisadores, por meio da observação, ganhar conhecimento sobre os processos do sistema, a forma de trabalhar e a comunicação entre as pessoas. O exame de documentos permitiu complementar as outras técnicas e verificar a validade dos dados, além de contribuir ao conhecimento dos pesquisadores sobre o SMD da empresa.

A seguir, as principais características do SMD da Empresa A S/A.

### **Modelo de Medição de Desempenho**

As medidas para o sistema de manufatura que a empresa possui atualmente foram criadas em função das necessidades percebidas no dia-a-dia da operação e em função de critérios relevantes para a diretoria da empresa, como parte dos requisitos para alcançar a certificação ISO 9001. Não foram desdobradas de algum modelo conhecido ou algum modelo teórico proposto pela academia para o desenvolvimento de medidas de desempenho.

O uso dessas medidas não pode ser considerado pleno e muito delas não são de conhecimento dos supervisores da empresa, apesar de dizer sobre a sua função.

## **O Sistema de Informação**

Atualmente as informações circulam pelo chão de fábrica na base do papel, contando-se com um terminal próximo da montagem. No entanto, a empresa tem uma intranet para compartilhar documentação, como os procedimentos ISO e outros.

Está-se trabalhando na implementação de um ambiente ERP – Enterprise Resource Planning – que precisa ser carregado com medidas de tempo para o MRP I poder calcular os leadtimes da produção. O nome comercial do ERP é SAPIENS© e está em fase de implementação.

## **As medidas de desempenho em uso**

Entre as medidas usadas pela empresa encontram-se: volume de produção, produtividade por hora/homem, horas perdidas em peças refugadas, horas de re-trabalho, falta de insumos por mês, custo de mão de obra e de materiais, número de entregas não realizadas, reclamações de clientes e custo de peças enviadas por reclamação.

As metas da empresa são estabelecidas em unidades de custo e produtividade. A disseminação é passada para os supervisores e colaboradores por meio de conversas informais (corpo-a-corpo). A principal meta é a racionalização da produção medida basicamente pelo indicador de produtividade do sistema de manufatura. Não aparecem metas associadas a outros objetivos de desempenho.

A medição de refugos e re-trabalhos é realizada desde o início de 2004, medida em horas perdidas por estes desperdícios e não levando em consideração os custos associados.

A *capabilidade* de seus processos está levantada para algumas características críticas de peças só no setor de usinagem da empresa. Ex.: diâmetro de eixos, etc. Este levantamento deu-se como fruto de um trabalho de estágio de um aluno da Universidade Federal de Santa Catarina. O estudo de *capabilidade* é o primeiro passo para o controle da variação dos parâmetros críticos dos processos – CEP - dentro da empresa.

## **A coleta de dados e o tratamento**

A coleta de dados dentro do chão de fábrica é feita manualmente por meio de planilhas que são colhidas e consolidadas na sala da supervisão por um assistente de PCP que levanta dados sobre o que é produzido, executando a fase de controle do programado. Esta informação é a base para a consolidação dos volumes produzidos, informação consolidada pelo Diretor de Expansão Industrial. Não se observou essa informação no painel de gestão à vista, no entanto ela chega diariamente até a supervisão.

Os dados sobre refugos e re-trabalhos são colhidos diariamente pela assistente da qualidade e agregados no formato apresentado mensalmente nos quadros de gestão à vista. As medidas de refugo e re-trabalho são segmentadas para diferentes processos. Ex.: montagem 2, usinagem, estofaria, *vacuum forming*, etc.

Há um computador em chão de fábrica, porém, usado para a leitura de padrões e especificações de trabalho, assim como acesso a documentação da norma ISO 9001.

### **Os painéis de visualização – Quadros de gestão à vista**

Existe um painel de visualização central que agrega medidas de refugo (sucata), re-trabalho tanto interno quanto de conjuntos que são encaminhados para vendas e voltam para re-trabalho, além de outras informações gerais sobre a empresa. Não existem painéis setoriais dedicados a medidas de desempenho. O principal mecanismo de comunicação é a conversa informal corpo-a-corpo.

Apesar de não existir painéis setoriais com as medidas de desempenho relevantes para cada processo ou setor, as informações de volume de produção, refugos e re-trabalho permitem aos supervisores analisar parcialmente o comportamento de cada processo. No entanto, são as medidas de volume de produção que por sua frequência diária de coleta e análise geram mais informação aos supervisores. Segundo o supervisor de montagem: “... estes relatórios permitem visualizar por que as coisas não andam”.

Já outros indicadores, como, a quantidade de peças que deve ser enviada para o cliente como parte de uma reposição, não chega à supervisão.

### **Uso das Informações: reuniões de análise crítica**

O uso de medidas de desempenho, pelo seu alto apelo para compelir ação, está bem difundido nas reuniões de análise crítica de empresas do mundo todo.

Na Empresa A S/A, reuniões mensais são feitas para revisar criticamente o desempenho, principalmente o financeiro. Esta reunião é feita entre a diretoria industrial, comercial e administrativa, junto ao diretor geral da empresa. São avaliados: o faturamento, volume de produção, volume de vendas e custos de reposição de peças. O acompanhamento mensal também objetiva acompanhar e revisar a estratégia anual para a produção.

Semanalmente, toda quinta-feira, em pouco mais de uma hora, é realizada uma análise de desempenho entre os supervisores e o gerente industrial para ver obter conhecimento do andamento dos volumes de produção, refugos, re-trabalhos e pequenas melhorias do sistema de manufatura. No entanto, esta reunião não é uma revisão de desempenho e sim um meio de comunicar o trabalho a ser realizado.

Diariamente, os supervisores e o responsável pelo PCP repassam para os funcionários as atividades do dia, onde se corrigem desvios de volume em respeito ao programa semanal e ajusta-se o sincronismo do sistema de manufatura como um todo. As medidas de volume de produção são utilizadas para controle de aderência à programação.

### **As medidas e a qualidade**

O controle da qualidade do produto é feito pelo mecanismo de inspeção por julgamento com amostra, segundo a NBR 5426, no fornecimento de peças e com uma combinação de auto-inspeção informativa reforçada com gabaritos, que ajudam a detectar defeitos e inspeção por julgamento (por amostragem) na usinagem. A auto-inspeção proporciona *feedback* instantâneo ao trabalhador e supervisores. Não se visualizaram mecanismos a prova de erro humano.

Na solda e no processo de *vacuum forming*, os parâmetros controlados são os parâmetros do processo e não as características do produto.

Por último, conta-se com uma lista de verificação final (100%) para ver observar se não falta algum componente ou existe ainda a presença de algum defeito dos processos anteriores.

As não-conformidades do sistema são registradas em um RNC – relatório de não-conformidade – que é enviado a todos os setores responsáveis. As peças são colocadas em áreas específicas da empresa.

### **O relacionamento formal entre medidas**

Não se observou a presença de um relacionamento formal causa-efeito entre medidas de desempenho da empresa. Relacionamento, que deveria ser disseminado nas planilhas de medidas ou nos painéis de gestão à vista. Uma condição desejável para um bom SMD é ter um relacionamento pré-estabelecido entre as medidas que possam mostrar a contribuição das práticas e resultados da gestão da rotina à excelência operacional do sistema de manufatura, assim como a contribuição à estratégia da empresa.

### **O formato de apresentação das medidas**

As saídas observadas na empresa foram colocadas em gráficos de colunas agrupadas para refugos e re-trabalhos, gráficos de linha para medidas qualitativas de 5S e tabelas de resultado para a produtividade.

Esta é uma questão importante absolutamente técnica dentro da medição de desempenho. É necessário distinguir a diferença entre sinais e ruídos para não cometer dois tipos de erros na análise de dados:

- Gastar energia atuando sobre ruídos, como se foram sinais;
- Falhar em detectar sinais quando estão presentes e perder a oportunidade de tratá-las.

Para efetivamente poder encontrar a diferença entre sinais e ruídos, é necessário reconhecer que dados são aleatórios e, portanto, devem sempre ser apresentados dentro do contexto.

### **Os principais desafios de medição**

Nesta seção transcrevem-se trechos das entrevistas gravadas na empresa que dizem sobre pontos detectados onde medidas seriam úteis à gestão da produção e ao encorajamento de comportamento desejado nas linhas de frente.

“Um ponto que poderia ser analisado e que contribuiria à gestão é medir o prejuízo causado pela falta de materiais na empresa, dado que já fez com que se deixasse de entregar em prazo para o cliente. “Qual é o reflexo que dão as faltas de materiais dentro da fábrica? Dá problemas na entrega em prazo para o cliente. Isto acaba gerando perda de capacidade e gera oscilações indesejadas no estoque” Diretor industrial.

A supervisão manifestou a necessidade de levantar medidas de tempo e disponibilidade de equipamentos para poder melhor gerenciar o dia-a-dia do sistema de manufatura. “Contribuiria e muito nas reuniões diárias de otimização do sistema”... “Os estoques também vão poder ser apurados junto com os tempos”.

O levantamento de dados para poder estimar tempos gastos está em processo, “...está iniciando esse processo agora, não tem nada ainda...no futuro a intenção é fazer toda essa programação através do sistema de tempos, o PCP vai ter condições de visualizar o tempo de mão de obra disponível e fazer a programação”.

Parâmetro crítico identificado dentro do sistema de manufatura foi a densidade de espuma na estofaria. “Está-se desenvolvendo alguma coisa para medir essa densidade”. No entanto, é um parâmetro que não parece crítico para o cliente. Menos críticos são: a dureza de algumas peças de aço, a temperatura da estufa na pintura e a composição dos materiais para boa usinabilidade.

“Os principais problemas que originam reclamação dos clientes são devidos à embalagem”. Problemas de transporte sobre os quais não se tem tanto controle.

Para os supervisores existem problemas na instalação dos conjuntos para uso pelo cliente, queimar etapas e não colocar, por exemplo, filtros para evitar que impurezas entrem nas tubulações do conjunto. Esta instalação é terceirizada e não existe grande controle sobre os procedimentos de instalação.

Outra questão apontada como de interesse da supervisão é saber quais as principais causas e percentagens de reclamações para saber como se pode ajudar na melhoria desse fator, “Seria interessante para as áreas de montagem saber o índice de reclamações dos clientes para poder atuar em consequência”.

## CONCLUSÕES

Os aspectos relevantes encontrados para o SMD da empresa são:

- Está-se trabalhando em um levantamento de dados sobre tempos de ciclo que é visualizado como muito importante pelo gerente e pelos supervisores. Estes dados deviam estar carregados no aplicativo Sapiens® – MRP – até março de 2005, porém passou essa data e não foram carregados;
- O Sapiens® exige uma média dos tempos de *setup*. Isto foi feito em uma média genérica que não contribui a entender a realidade do chão de fábrica. As medidas de tempo ainda não se encontram presentes para o sistema de manufatura;
- Os estoques de almoxarifado são conhecidos. Os estoques em processamento – WIP – não são conhecidos, mas há expectativas de melhorar isso com a implantação do Sapiens®.
- Existe algum problema na contabilidade dos estoques de produtos acabados, pois há muito produto em estoque que já está sendo vendido.
- Medidas da qualidade interna como re-trabalho e refugo são levantadas em horas perdidas de trabalho e não em percentuais;
- Produtividade é o principal indicador para o sistema de manufatura. Prêmios e recompensas são baseadas nessa medida.

- Medidas de flexibilidade e velocidade do sistema como disponibilidade dos equipamentos, estoque em processamento, eficiência total de ciclo, tempo de *setup*, mudanças na entrega em prazo, custos e qualidade por mudança de mix ou por falhas de fornecimento não são levantadas.
- Medidas de práticas gerenciais e de automação como percentual de máquinas multipropósitos, número de sugestões por empregados, percentual de funcionários treinados em múltiplas tarefas e quantidade de tarefas automatizadas, não são levantadas;
- O relacionamento causal entre medidas de desempenho não está formalizado e disseminado.
- As medidas de desempenho não se encontram disseminadas nos quadros de gestão à vista em um formato adequado a um bom SMD.

## 5.5 Fase II para a Empresa A: Pesquisa-Ação - Aplicação do diagnóstico

A aplicação do diagnóstico teve uma fase prévia à visita dos facilitadores, onde a responsabilidade foi dada ao líder-arquiteto da melhoria do SMD na empresa: o diretor de expansão industrial e coordenador da qualidade. Esta etapa é descrita a seguir para posteriormente, escrever sobre o diagnóstico em si.

### 5.5.1 Etapa prévia à visita dos facilitadores à empresa

Esta etapa consiste de quatro aspectos bem diferenciados e que são responsabilidade do líder arquiteto da empresa:

1. Escolha do grupo de pessoas para responder ao Módulo I do Questionário Diagnóstico;
2. Constituição da equipe de diagnóstico para consenso do Módulo II do Questionário Diagnóstico;
3. Preparação de documentação sobre medição de desempenho do sistema produtivo;
4. Obtenção de apoio da gerência.

Esta etapa prévia é discutida com o líder arquiteto e formalizada no *Guia para o líder do time de diagnóstico* apresentada em **Anexo**.

#### 5.5.1.1 Escolha do grupo de funcionários para responder ao módulo I do Questionário Diagnóstico

Este estágio consiste na seleção de um grupo de funcionários da empresa para responder individualmente o Módulo I do questionário, um módulo planejado para ser preenchido em 30 minutos aproximadamente. O único requisito necessário para preencher o questionário é estar

no cargo por um período mínimo de três meses consecutivos. Considera-se esse tempo suficiente para familiarizar-se com as atividades do cargo e entender quais são os resultados esperados e os meios ou áreas de atuação para conseguir esses resultados. Este grupo de funcionários foi constituído por 14 pessoas, um número que foi quase a população completa da gerência operacional, abrangendo todos os níveis hierárquicos de decisão da produção. Todos os setores da empresa e todas as hierarquias da produção devem estar representados, os setores em questão foram:

- Garantia da Qualidade;
- Planejamento e Controle da Produção – PCP;
- Desenvolvimento de Produtos;
- Compras;
- Vendas/marketing;
- Produção:
  - Direção Industrial;
  - Gerência Industrial;
  - Supervisão de Produção;
  - Líderes de times da Qualidade;

A recomendação aqui é envolver todas ou a maioria das pessoas dos setores de apoio à produção e hierarquias maiores da produção e um número representativo dos líderes de times da qualidade, líderes de turno e líderes de seção no chão de fábrica. Também, podem ser chamados funcionários com experiência na empresa e que passaram por diferentes postos de trabalho e, portanto, adquiriram uma boa visão sobre o relacionamento cliente-fornecedor interno. No piloto houve falta de representantes dos setores: supervisão de manutenção e funcionários da produção. A avaliação por parte do líder-arquiteto foi de que os questionários eram complexos demais para envolver essas hierarquias e que poderia ser feito um teste inicial com as outras funções e hierarquias. Esta é uma sinalização de que a visão por processos do sistema de manufatura pode não estar incorporada em toda a força de trabalho.

#### **5.5.1.2 Constituição da equipe de diagnóstico para consenso do módulo II do Questionário Diagnóstico**

Este estágio consistiu na organização de uma equipe de diagnóstico multifuncional e multihierárquica composta por 7 pessoas com capacidade de trabalho em processos participativos e visão crítica sobre suas áreas de responsabilidade. O perfil necessário para formar parte da equipe é experiência e conhecimento sobre as atividades e resultados exigidos para o cargo exercido, e espírito participativo para alcançar consenso em grupo.

Equipe multifuncional e multihierárquica implica em que a equipe deve estar formada por pessoas das seguintes áreas e hierarquias:

- Garantia da Qualidade;
- Planejamento e Controle da Produção – PCP;
- Vendas/marketing;
- Supervisão de Produção;
- Desenvolvimento de Produtos;
- Compras;
- Direção Industrial.

Foi responsabilidade do líder-arquiteto garantir que a equipe de diagnóstico tenha preenchido individualmente o Módulo II do questionário antes da visita dos facilitadores para consenso.

Todas as pessoas da equipe de diagnóstico para o consenso do Módulo II passaram pelo preenchimento do Módulo I do Questionário (Questionário Individual).

#### **5.5.1.3 Preparação de documentação sobre medição de desempenho do sistema de manufatura**

O líder-arquiteto, prévio à visita separou a documentação que a empresa possui sobre medidas de desempenho do sistema de manufatura. Isso, como esperado, aumentou a produtividade durante a visita à fábrica e acesso à documentação durante o primeiro dia de trabalho dos facilitadores.

#### **5.5.1.4 Obtenção de apoio da gerência**

O líder-arquiteto também conseguiu o apoio da média e alta gerência para tomar decisão e permitir as mudanças que venham a resultar úteis no sistema de medição de desempenho, depois de analisados os resultados do diagnóstico, caso se considere necessário. Isto para não desmoralizar aos participantes do processo. Para este piloto isto foi facilitado pelo cargo do líder-arquiteto e o seu acesso com o diretor geral da empresa.

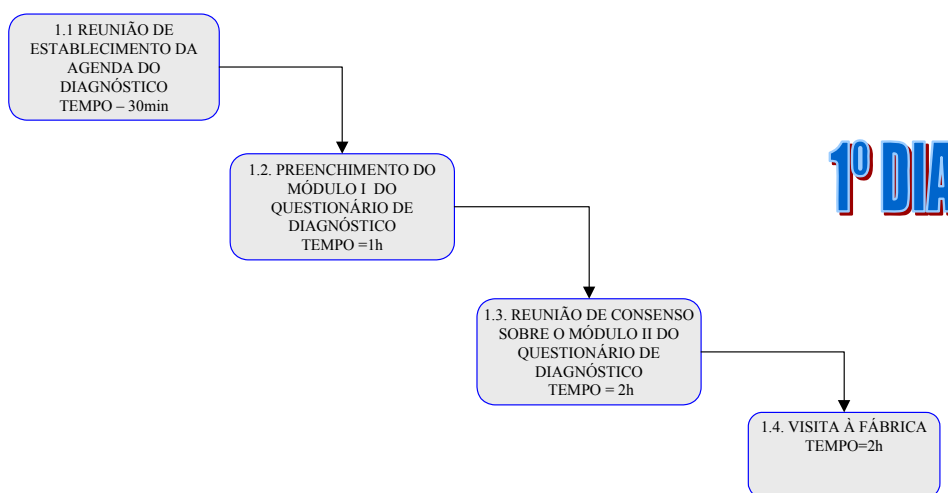
### **5.5.2 Aplicação Empresa A: 1º Dia do Diagnóstico rápido**

O primeiro dia – 1º Dia - do diagnóstico rápido foi aplicado no dia 24/03/2005 em instalações da empresa por este pesquisador e pelos pesquisadores Liliana Rios Velandia e José Neci. Nesta aplicação, o papel dos pesquisadores foi duplo, além de pesquisadores foram facilitadores da aplicação.

A aplicação foi dividida em três etapas, como planejado e apresentado no capítulo 4:

1. Questionário Individual: Módulo I;
2. Questionário para Consenso: Módulo II;
3. Visita às instalações e acesso a documentação sobre medidas de desempenho.





**Figura 114. Atividades do primeiro dia. Elaborada pelo autor.**

O dia teve início com a chegada dos facilitadores à empresa no dia combinado. Feita a devida apresentação ao líder-arquiteto do diagnóstico se procedeu a uma breve explanação do objetivo da visita e da agenda para o dia de trabalho.

O grupo de pessoas que respondeu o questionário individual - Módulo I já estava reunido em uma sala que acomodava perfeitamente às 14 pessoas respondentes mais os três facilitadores. Depois de uma introdução à importância do trabalho, e uma breve explanação de como preencher o questionário, foram destinados 45 minutos para o seu preenchimento. Isto com a presença dos facilitadores na sala para salvar qualquer tipo de dúvida por parte dos respondentes. O primeiro e o último respondente entregaram o questionário preenchido após 20 e 35 minutos, respectivamente. Isso mostrou que o questionário é perfeitamente respondível em aproximadamente 30 minutos e, portanto, 45 minutos é tempo suficiente para esta atividade.

A segunda etapa da aplicação foi reservada para a reunião de consenso com a equipe escolhida para tal fim, sendo neste caso composta por 7 pessoas e os três facilitadores. Esta reunião foi preparada para não ultrapassar mais de duas horas e demorou ao total 2 horas e 30 minutos. A formação da equipe contemplava pessoas da diretoria industrial, qualidade, desenvolvimento de novos produtos, supervisão industrial, processistas e vendas/marketing.

Para finalizar o primeiro dia, fez-se uma visita à fábrica e obteve-se acesso a documentação sobre medidas de desempenho para preenchimento, por parte dos facilitadores, de uma lista de verificação preparada para capturar os aspectos mais relevantes da medição de desempenho do sistema de manufatura. O tempo previsto para tal fim foi de 2 horas e 30 minutos, sendo o tempo usado de 2 horas e 15 minutos. Foi usada 1 hora na visita e 1 hora e 15 minutos na discussão e perguntas sobre a documentação. Para esta etapa o líder arquiteto definiu que a pessoa responsável pela empresa seria a coordenadora da qualidade.

O segundo dia da aplicação do diagnóstico foi reservado para a apresentação dos resultados, no período da tarde. A apresentação foi preparada para ser executada em duas (2) horas e estiveram presentes as pessoas da equipe de consenso, todas as pessoas que preencheram o Módulo I e o diretor geral da empresa, todos convidados segundo critério do líder-arquiteto.

A Tabela 24 mostra sucintamente a agenda do primeiro dia com os horários planejados e os efetivamente cumpridos (entre parêntese).

**Tabela 24. Programa de atividades dos facilitadores, materiais e método**

Horário	Atividades	Materiais e participantes	Observações e materiais
<b>1º dia - Dia de consenso</b>			
8:00 – 8:30 (8:00 – 8:25)	Apresentação dos facilitadores e do procedimento para diagnóstico	Presença do líder da equipe	
8:30 – 9:30 (8:25 – 9:10)	Preenchimento do Módulo I	Presença do grupo de respondentes do módulo I	-Sala com capacidade suficiente para atender aos respondentes -Projektor multimídia ( <i>datashow</i> ) -Canetas -Questionários impressos -Cartões de apresentação
10:00 – 12:00 (9:30 – 12:00)	Reunião de consenso do Módulo II	Presença da equipe de consenso – Módulo II	-Questionários impressos entregues com antecedência -Sala de reunião
12:00 – 13:30	Almoço		
13:30 – 16:00 (13:30 – 15:45)	Visita à fábrica	Acompanhamento por um responsável da empresa	-Lista de checagem para cada facilitador
<b>Encerramento do dia de consenso</b>			
<b>2º Dia – Apresentação de resultados</b>			
10:30 – 12:00 (opcional)	Visita a pontos específicos da empresa e entrevistas	Acompanhamento por um responsável da empresa	Só se houver uma necessidade e com prévio acordo com a empresa
12:00 – 13:30	Almoço		
13:30 - 15:30 (14:00 – 16:20)	Apresentação de resultados	Presença de equipe a definir com o líder arquiteto	Sala com projetor multimídia
<b>Encerramento do Diagnóstico DAPIU</b>			

A data de aplicação foi 24/03/2005 e a data de apresentação dos resultados foi 07/04/2005.

### 5.6 Observações e aprendizagem derivados da aplicação

Segunda-feira seguinte à aplicação, 28/03/2005, foi realizada uma reunião entre os três pesquisadores/facilitadores para levantar as principais impressões e observações sobre o processo de aplicação do diagnóstico. São elas:

### 5.6.1 Questionário Individual: Módulo I

- Necessidade de esclarecer, antes de começar o questionário, que é preciso preencher as três colunas por cada fator antes de passar ao próximo fator;
- A última seção do questionário, que pergunta sobre como é avaliado o desempenho de cada cargo da empresa, apareceu como muito desconectado para os setores de vendas e marketing. Em geral observou-se que os setores administrativos de apoio apareceram afastados demais da realidade do sistema de manufatura;
- Necessidade de mudar e explicar melhor os enunciados das colunas três e quatro do questionário individual.

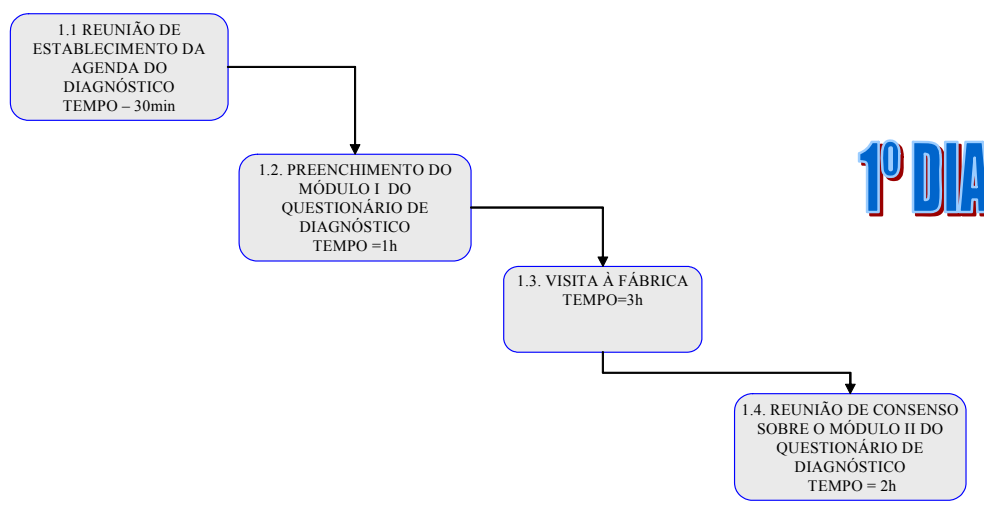
### 5.6.2 Questionário para Consenso: Módulo II

- Necessidade de realizar um intervalo obrigatório de uma hora depois de iniciado o consenso;
- Necessidade de encontrar uma melhor maneira de definir as pessoas que participarão do consenso, já que isto acabou sendo informado na última hora para os facilitadores, apesar da etapa prévia com o líder-arquiteto;
- A primeira parte do questionário, que indaga sobre questões de mercado, prioridades competitivas e estratégia para a produção, pode ser redesenhada para obrigar as pessoas a priorizar os diferentes fatores estratégicos.
- Avaliou-se a necessidade de modificar a formulação das questões principais, para que a equipe de consenso não percebesse tão evidentemente a presença de uma escala crescente. Decidiu-se por manter a escala crescente.

Em resumo, o questionário cumpriu com o objetivo primário de permitir aos pesquisadores saber qual era a realidade da empresa. Isso por meio da rica discussão dada pelo consenso e a possibilidade de acessar em pouco tempo a documentação, observação direta e respostas individuais de membros da força de trabalho da empresa.

### 5.6.3 Visita às instalações e acesso a documentação sobre medidas de desempenho

- Notou-se uma grande dificuldade para pontuar as questões referentes ao uso das medidas dentro do tempo previsto para tal fim, necessidade de reformular essa parte da lista de verificação;
- Necessidade de inverter a ordem de aplicação da ferramenta, passando a lista de verificação como segunda etapa e deixando o módulo de consenso para o último momento da aplicação. Com isto, pretende-se ter mais informação ainda sobre o SMD da empresa antes de começar a reunião com os membros do time de consenso. Assim, podem-se obter mais exemplos e argumentos para incidir positivamente na reunião. A Figura 115 mostra a nova ordem planejada.



**Figura 115. Passos do Diagnóstico depois da pesquisa-ação. Elaborada pelo autor.**

Com a apresentação de resultados se conseguiu alta motivação para a mudança e grande concordância com o resultado do diagnóstico. Isso era de esperar já que o enfoque participativo com o qual foi planejado é quase uma garantia nesse sentido.

### 5.7 A análise do SMD

Nos quatro meses subseqüentes, realizou-se a análise das medidas de desempenho do sistema de manufatura. Esta análise foi inicialmente planejada para ser realizada em 15 dias, no entanto, por razões diversas, tanto por parte da empresa quanto deste pesquisador, não foi possível ser realizada nesse período. O ponto negativo de prorrogar a etapa é um senso de complacência que se pode alastrar no time da empresa. Apesar dos contratempos relatados, notou-se que 15 dias é pouco e este prazo deve estender-se a pelo menos 4 semanas.

Nesse período, realizaram-se entrevistas não estruturadas com diferentes gestores do sistema de manufatura onde foram discutidos os resultados do diagnóstico rápido, foram levantados os principais problemas do dia-a-dia da empresa e definiram-se quais os futuros donos das medidas. Também, acedeu-se aos dados de medidas individuais da empresa em forma detalhada e usou-se o mapa-arquétipo apresentado no capítulo 3 para fazer uma introdução ao modelo de desempenho e a importância dos fatores relacionados.

Os resultados foram os seguintes:

- Comprovou-se que existia um conjunto de medidas devido, principalmente, à implantação do sistema de qualidade ISO 9001, porém, quase sem uso dentro da gestão do sistema de manufatura;
- Descobriu-se que a gestão da rotina estava pior do que o diagnóstico rápido conseguiu captar. Isto exigiu modificações no diagnóstico rápido que são enquadradas dentro do refinamento da ferramenta.

Finalmente se entregou ao líder-arquiteto um relatório técnico com o diagnóstico do SMD de seu sistema de manufatura e sugestões de melhoria.

## 5.8 O projeto do SMD

O projeto iniciou-se com uma reunião com o líder-arquiteto para discutir sobre o diagnóstico rápido e os resultados encontrados. Foi confirmada a necessidade de trabalhar sobre os problemas do dia-a-dia da gestão do sistema e utilizou-se a técnica dos 5 porquês para entender o que estava acontecendo na empresa e na produção. Como conclusão, elaborou-se uma breve síntese da idéia motivadora do desenvolvimento de novas medidas para ser comunicada pelo líder ao time de transformação. Também, definiu-se que funções e pessoas formariam parte do time de transformação e discutiu-se sobre o perfil do líder de transformação.

A idéia motivadora e que foi comunicada para a equipe de transformação pelo líder patrocinador, foi:

*Melhoria incremental na eficiência da rotina das operações da empresa.*

Por trás desta idéia foi evidenciado o fato da empresa estar passando por um período de entrada de novos produtos que estava mostrando as dificuldades de manter afinados os fluxos de materiais e informações.

### 5.8.1 Os passos do projeto

Sexta-feira, 12/08/2005, realizou-se nas instalações da empresa, uma reunião de trabalho com o time de transformação inteiro onde se desenvolveu o método para obtenção de medidas de desempenho apresentado na seção 4.4.2.

A dinâmica levou ao total de 3:00 h e abordou os seguintes aspectos:

- Por que se precisa mudar o sistema de medição de desempenho?;
- Estado Atual e Futuro;
- Como vamos chegar ao Estado Futuro - Plano de Ação?;
- Prazo e Times para o Desenvolvimento;
- Projeto de medidas.

O último passo correspondeu à etapa prática onde foram projetadas as medidas. Os passos foram:

1. Por que a empresa precisa mudar? Nesta etapa procurou-se sensibilizar o time para a transformação. O líder patrocinador cumpriu uma função importante explicando para o

time o propósito principal do desenvolvimento. Propósito que foi previamente definido com os pesquisadores.

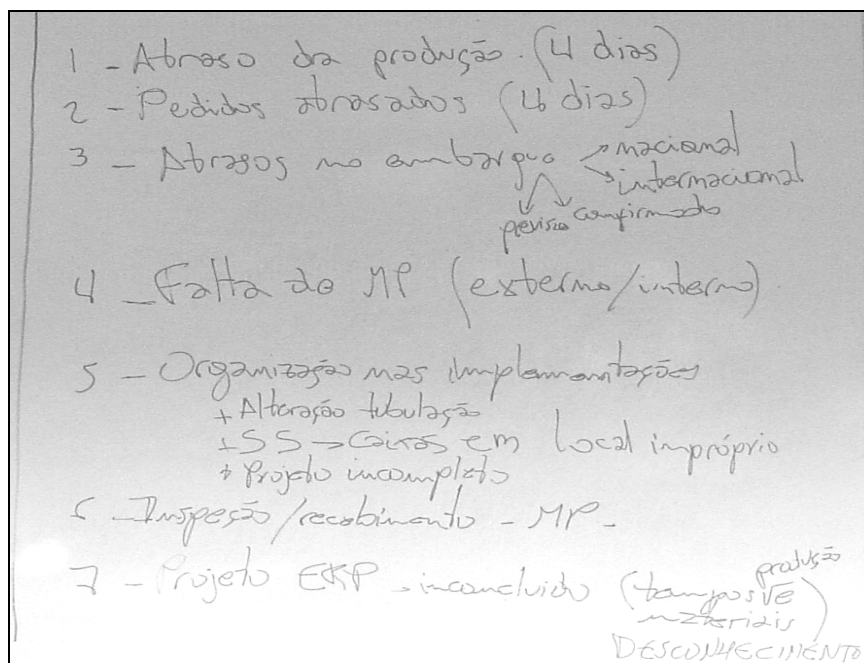
2. Coleta de mais evidências para reforçar o propósito principal. Esta etapa serve para criar consenso no time e para levantar mais problemas que podem ser incorporados ao desenvolvimento posterior de medidas;
3. Síntese dos principais problemas, explorando a possibilidade de reduzir problemas ou tratá-los como parte de um mesmo;
4. Aplicação do ciclo de desenvolvimento da seção 4.4.2 em seus seis primeiros passos.

Cada problema foi tratado assim, desenvolvendo-se no primeiro dia apenas um problema e deixando o restante para a próxima sexta-feira 19/08/2005. Com algum atraso, cumpriu-se com esta etapa na sexta-feira 02/09/2005, definindo-se todos os fatores chave de desempenho para cada futuro dono de medidas.

As evidências coletadas para criar consenso e motivação para o desenvolvimento foram:

- Atrasos de produção;
- Inspeção/recebimento de MP;
- Atrasos no embarque (Estoque final parado).
- Pedidos atrasados;
- Falta de MP;
- Pouca organização nas implementações de mudanças;
- Projeto ERP com dificuldades.


Como se pode notar estas questões transcendem a medição de desempenho em si, porém, explicam a necessidade de lidar com problemas diferenciados que não permitem estabilizar o sistema de manufatura no dia-a-dia. Isso é o que se procura nesta primeira etapa. Na Figura 116 se mostram os problemas tal como colocados no quadro da empresa durante a sessão de facilitação:



**Figura 116. Os problemas do dia-a-dia. Foto em campo.**

Durante o desenvolvimento desta etapa forma levantadas evidências de que isso realmente acontecia que subsidiaram a elaboração dos fatores de desempenho para os problemas desenvolvidos a seguir.

Pediu-se para priorizar os sete problemas colocados e assim acrescentar os mais importantes (a critério do time) aos cinco já apresentados anteriormente como uma situação problemática para cada futuro dono de medida.



## Problemas

---

- Posição dos estoques;
- Falta de material (interna e externa);
- Situação da produção;
- Estratificação de problemas de refugo e retrabalho;
- Tempos de operação e de trânsito pelo chão de fábrica.

<http://www.geteq.ufsc.br>
[e-mail:agluccero@grucon.ufsc.br](mailto:e-mail:agluccero@grucon.ufsc.br)

**Figura 117. Problemas originais em slide apresentado em campo.**

Ao total foram agregados quatro aos cinco originais, analisando-se nove problemas (Figura 118):

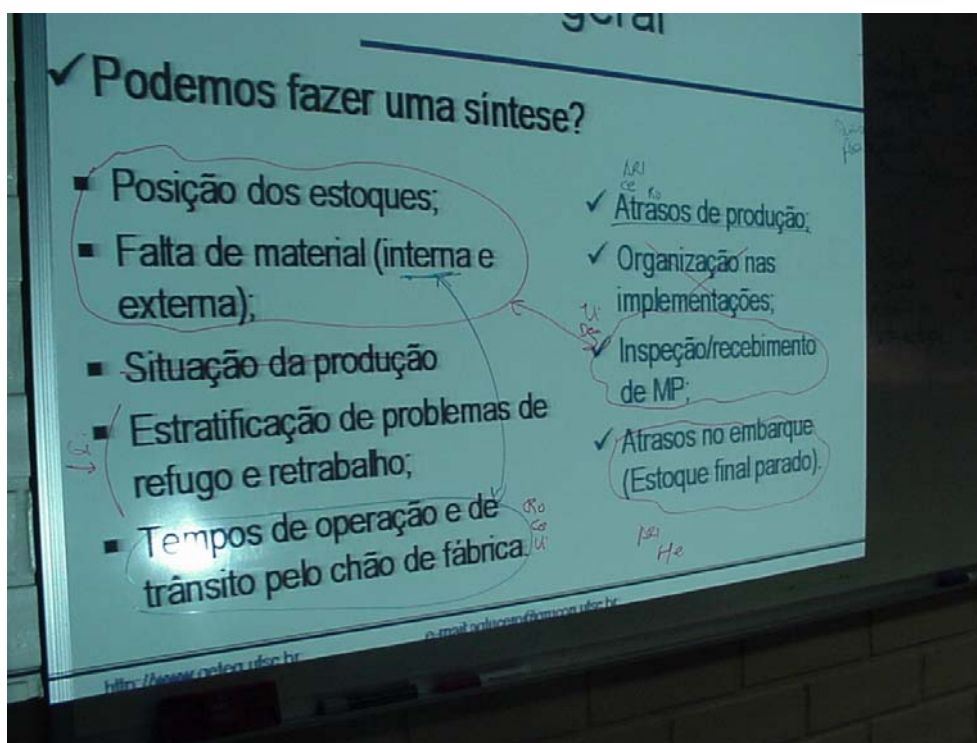


Figura 118. Os problemas analisados. Fotografia durante a aplicação em campo.

Um exemplo do desenvolvimento que seguiu à escolha dos nove assuntos (como apresentadas no capítulo 4) é mostrado na Figura 119:

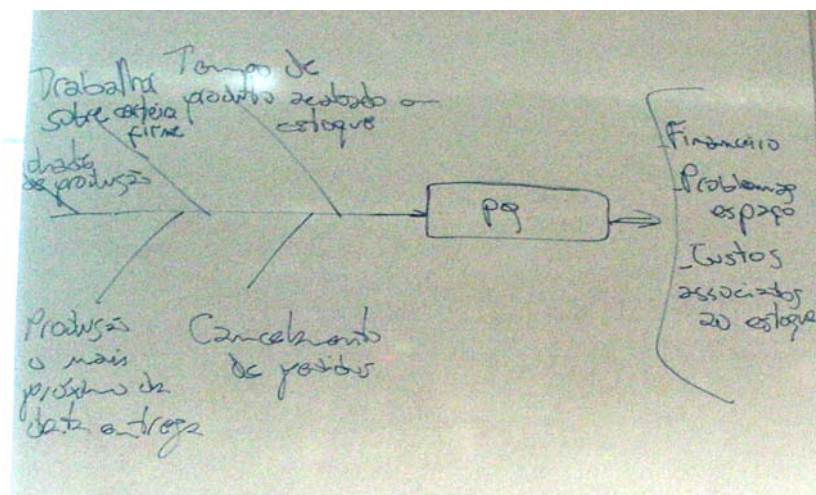


Figura 119. Exemplo de problema analisado.

Por último foi definido o time de transformação definitivo, em função de todos os fatores de desempenho trabalhados em plenária.

O líder do time de liderança foi o líder-arquiteto<sup>19</sup> do projeto (isto é recomendado sempre). O líder do time de transformação escolhido foi o coordenador de métodos e processos pela

<sup>19</sup> Líder-arquiteto e líder patrocinador são sinônimos para este trabalho.



familiaridade com o sistema de manufatura como um todo e a facilidade de acesso ao líder patrocinador. Os membros do líder de transformação foram o seu líder, dois facilitadores da UFSC, um deles este autor e outro uma pesquisadora com foco na qualidade de produtos e processos; e todos os futuros donos das medidas, incluindo a supervisão da produção.

Foram funções e cargos do time de transformação escolhido:

- Coordenador de métodos e processos;
- Gerente de compras;
- Coordenador do PCP;
- Coordenador da qualidade;
- Supervisão da produção

Depois desta etapa em plenário, trabalhou-se com o líder do time de transformação e os donos das medidas, em comissões, para articular um conjunto de medidas de desempenho que atenda às necessidades colocadas.

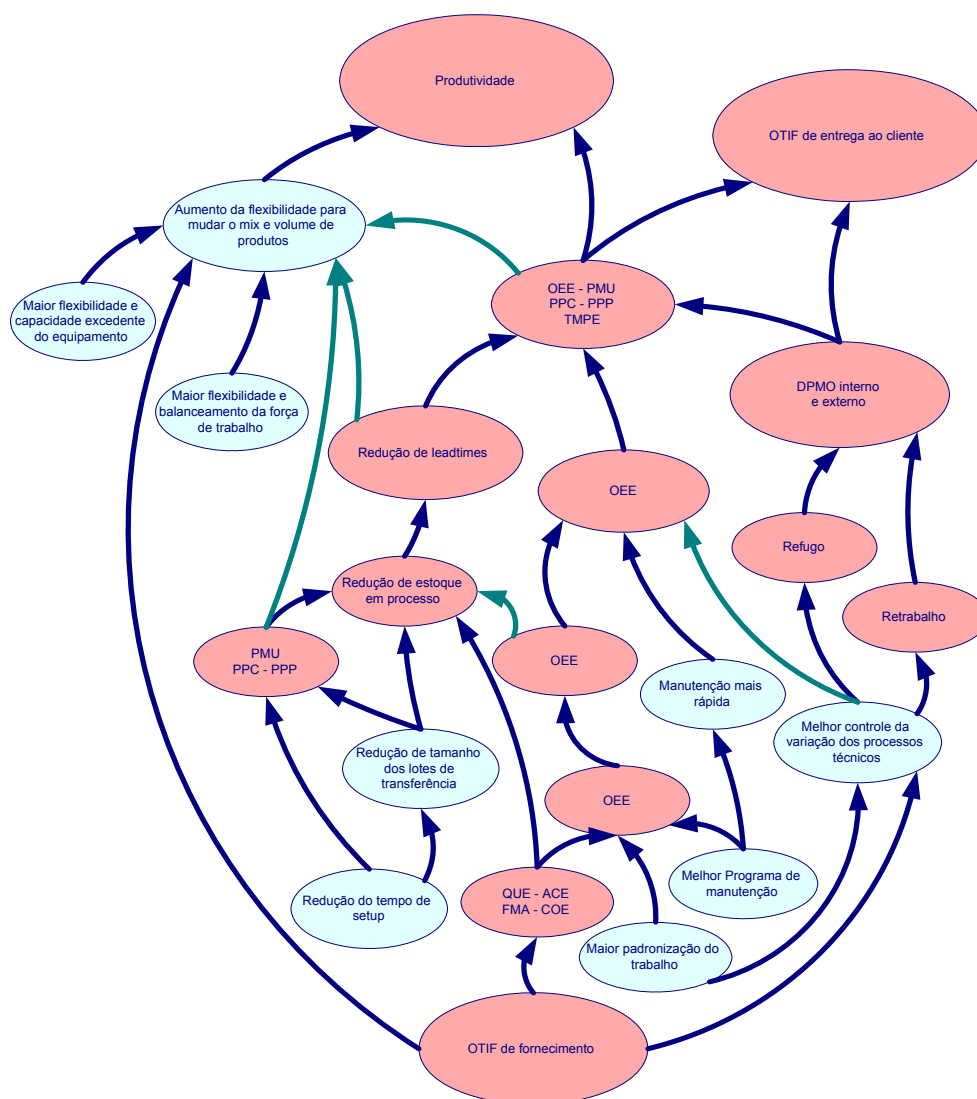
O projeto em si iniciou no dia 15/09/2005 e foi concluído em 15/11/2005. Foi desenvolvido em comissões com cada dono da medida e o líder de transformação ao mesmo tempo. Cada comissão recebeu, analisou e modificou uma proposta de medidas de desempenho e, uma vez definido o esboço, requisitou-se para cada dono da medida elaborar um plano de ação muito rápido para a coleta de dados e outros elementos, como definido na ficha da medida. A proposta foi elaborada em função dos diagramas espinha de peixe da plenária e os conceitos desenvolvidos no capítulo 3 desta tese. Levou-se para cada comissão um leque de várias opções de medidas de desempenho que poderiam ser utilizadas para obter sinais sobre o problema atacado. Estes documentos estão apresentados em **Anexo**.

O passo seguinte foi discutir o plano de ação com os donos das medidas e dividir as tarefas da implantação inicial da coleta de dados. Como resultado, projetaram-se as seguintes medidas, categorizadas por dono de medidas:

1. Percentual de pedidos perfeitos entregue em prazo pelo fornecedor – OTIF do fornecedor;
2. Quebra de estoque do armazém;
3. Acurácia do estoque;
4. Percentual de pedidos alterados;
5. Tempo médio do pedido em estoque;
6. Percentual de pedidos cancelados;
7. Percentual de pedidos perfeitos entregue em prazo pela empresa – OTIF;
8. Produtividade;
9. Giro de estoque;
10. OEE;
11. Falta de material (montagem);

12. Percentual de refugo;
13. Percentual de re-trabalho;
14. DPMO da montagem;
15. Quantidade de produtos defeituosos.

Dentro do modelo de desempenho proposto nesta tese e apresentado para a empresa foram abordados de alguma maneira os seguintes fatores (Figura 120):



**Figura 120. Fatores abordados pelas medidas de desempenho criadas. Elaborada pelo autor.**

### 5.8.2 Observações e aprendizagem do projeto

Na etapa em plenária:

- Os seis passos do desdobramento não foram tão sequenciais como se esperavam, por momentos misturava-se Pareto com Ishikawa, sem ordem aparente;

- Houveram algumas dificuldades para o time entender o que era uma evidência. Um impulso natural a avançar na solução do problema.

No trabalho em comissões:

- Problemas na elaboração do plano de ação, altamente dependentes do tempo dedicado por cada dono de medida. Isto foi contornado com a presença do facilitador para viabilizar o plano;
- Houve variação de tempos gastos por cada dono de medida, com alguns donos dedicando mais tempo ao trabalho.

### 5.9 A implementação do SMD

A implementação, entendida como a fase de coleta de dados e ação sobre o procedimento de coleta, foi desenvolvida praticamente em paralelo com o projeto das medidas. Também foi feito em comissões e usando, quando necessário, as reuniões de acompanhamento com o líder patrocinador para destravar alguma informação ou para encontrar uma solução técnica a um problema de coleta.

Nesta etapa o papel do facilitador é concentrar-se nas implementações que estão dificultadas, dando o apoio necessário a sua consecução ou oferecendo alternativas de definição. É muito importante que o dono da medida assuma que a medida está sendo criada por ele e por isso é muito importante o papel do facilitador cedendo espaço no planejamento da coleta de dados.

Como a empresa estava em fase de implantação de um sistema ERP. Para as medidas:

- Tempo médio do pedido em estoque;
- Percentual de pedidos perfeitos entregue em prazo pelo fornecedor – OTIF de fornecimento.

Aproveitou-se a informação do sistema e planejou-se um re-arranjo dos dados que posteriormente, foi passada ao *software* DAPIU implantado na empresa para viabilizar o acompanhamento do novo SMD. Apenas foi necessário revisar os procedimentos de coleta para ver se estavam de acordo com a definição das novas medidas.

A medida de produtividade existia na empresa e não foi modificada, apesar de que poderia ter sido melhorada.

A medida de defeitos por milhão de oportunidades foi testada apenas no setor de montagem de produtos finais e foi abandonada devido à dificuldade de coleta de dados para o momento da empresa. Apenas se continuou com as medidas de refugo e retrabalho modificadas de um cálculo por hora para um cálculo em percentual.

Como parte da implantação, foi instalado o *software* apresentado na seção 4.9, no entanto, não houve o treinamento necessário para assegurar a funcionalidade completa do mesmo. Este

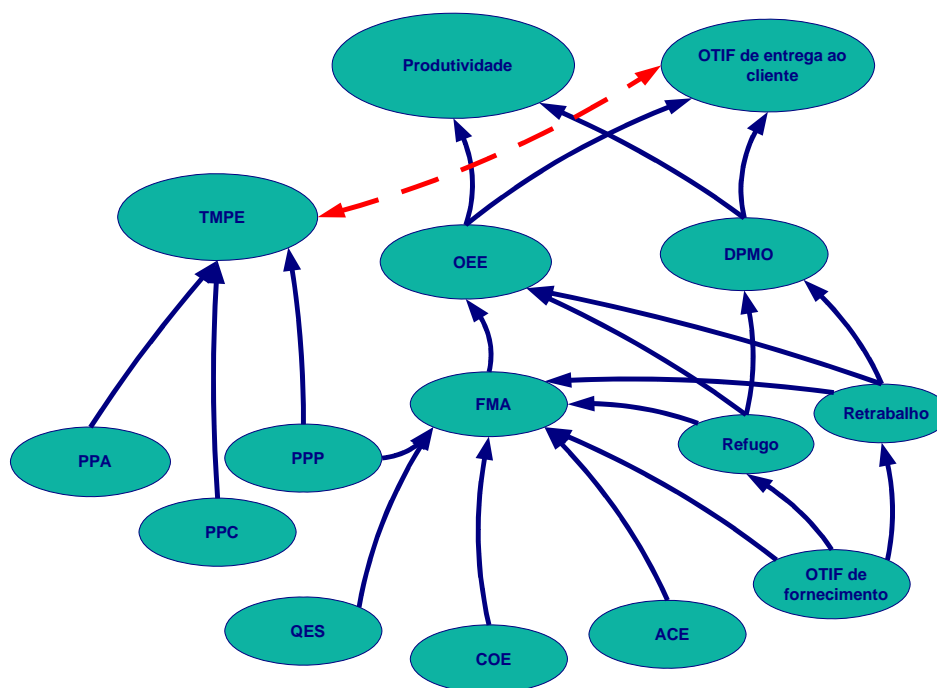
*software* foi destinado ao mestre de medidas que não foi o líder do time de transformação e sim um outro membro do time cuja função, dentro da empresa, é coordenar a qualidade.

### 5.10 Lançamento e uso

Dia 25/11/2005 foi realizada uma reunião em plenária com todos os participantes diretos do processo de transformação dentro da empresa: o líder-arquiteto, o líder do time de transformação, os donos de medidas e mestre das medidas, juntamente com pessoas da empresa que participaram ativamente nos grupos de implementação de cada medida.

Na plenária foi repassado o modelo de desempenho, foi feita uma breve recopilção do realizado na empresa, foram apresentadas as novas medidas de desempenho com seu modelo de relacionamento causal e o *software* instalado para seu gerenciamento.

O modelo de relacionamento inicial, discutido em plenária e que será utilizado na primeira revisão crítica do desempenho é apresentado na Figura 121.



**Figura 121. Modelo de relacionamento causal para as medidas criadas na Empresa A.**

Neste modelo foram incluídas medidas que não foram criadas no desenvolvimento, porém, existiam na empresa, como o caso da produtividade e a entrega em prazo dado ao cliente. Chegou-se ao consenso de que essas medidas deveriam sofrer modificações de suas identidades em função do novo quadro completo de medidas. Essas modificações seriam feitas por cada dono de medida.

Em anexo encontram-se as fichas com a identidade de cada medida de desempenho.

### 5.11 Avaliação do método de desenvolvimento

Finalmente foi feita uma avaliação por parte das pessoas participantes de todo o método de desenvolvimento aplicado na empresa. Os resultados por frequência de resposta foram os seguintes:

Assunto	Tópico		Deficiente	Regular	Adequado	Muito bom
<b>Diagnóstico</b>	1	Velocidade de levantamento dos dados		3	5	
	2	Abrangência de aspectos avaliados		2	5	2
	3	Fomento de motivação para a mudança		2	4	3
	4	Clareza na identificação da necessidade da empresa		1	4	4
	5	Concordância com os resultados apresentados		2	5	2
<b>Liderança</b>	6	Escolha das lideranças para o processo de mudança		2	5	2
	7	Desenvolvimento da visão para o processo de mudança		2	5	2
	8	Comprometimento com o processo de mudança		2	4	3
<b>Alinhamento</b>	9	Foco nos problemas principais do sistema de manufatura			5	3
	10	Alinhamento das medidas projetadas para criar foco na ação			6	3
<b>Comunicação</b>	11	Comunicação do ponto de partida e objetivo		1	5	3
	12	Comunicação durante o processo de transformação		2	5	2
	13	Coleta de <i>feedback</i> por parte do facilitador		1	5	3
	14	Divulgação dos resultados		1	4	4
<b>Projeto</b>	15	Processo de desenvolvimento com os donos definidos		1	3	5
	16	Entendimento das ferramentas de apoio do projeto			5	4
	17	Satisfação geral dos donos das medidas com as suas medidas			4	4
<b>Motivação</b>	18	Tratamento dos obstáculos que bloquearam o desenvolvimento			7	1
	19	Atribuição de responsabilidades para cada ator do processo		1	5	3
<b>Participação</b>	20	Condução do processo participativo		1	5	3
	21	Atenção aos receios manifestados pelos diferentes atores			6	2
	22	Alocação de pessoas às equipes de transformação		1	4	3
<b>Infraestrutura</b>	23	Criação de disponibilidade de tempo para os participantes		3	3	2
	24	Definição clara da estrutura para transformação			5	3
	25	Adequação entre tecnologia e necessidade dos gestores			4	5
<b>Implementação</b>	26	Organização dos trabalhos de coleta de dados		2	3	4
	27	Velocidade de implementação		3	5	
	28	Definição e comunicação de cronograma para a transformação		1	4	3
<b>Planejamento</b>	29	Escolha do momento de iniciação da transformação		2	5	1
	30	Compartilhamento de conhecimentos		1	4	4
	31	Treinamento em novas ferramentas		1	4	3
<b>Revisão crítica</b>	32	Definição clara do procedimento de revisão do desempenho		1	2	5
	33	Clareza de como serão usadas as medidas no futuro		1	4	3
	34	Percepção de valor das medidas desenvolvidas		1	3	4
<b>TOTAL</b>			<b>0</b>	<b>41</b>	<b>152</b>	<b>98</b>

<b>Deficiente</b>	O desenvolvimento falhou neste quesito e isto comprometeu inteira ou parcialmente os resultados.
<b>Regular</b>	Houve preocupação neste quesito, porém, não foi suficiente e afetou parcialmente os resultados.
<b>Adequado</b>	O desenvolvimento foi bem sucedido neste quesito e os resultados não foram comprometidos.
<b>Muito bom</b>	O desenvolvimento foi bem sucedido neste quesito e isto alavancou os resultados finais.

Em relação ao resultado geral do desenvolvimento, qual é sua avaliação?

5	Superou minhas expectativas
4	Atendeu completamente minhas expectativas
	Atendeu parcialmente minhas expectativas
	Não atendeu minhas expectativas

A julgar pelos números mostrados na frequência e a declaração de superação de expectativas mostrada pelas 9 pessoas que pontuaram o método, a aplicação pode ser considerada satisfatória. No entanto, alguns ensinamentos podem ser extraídos da pesquisa ação e que mostram a existência de pontos a melhorar:

- Decidiu-se acrescentar um campo dentro da avaliação que obrigou a explicitar os assuntos mais importantes na visão de cada participante do trabalho. Isto porque em críticas e sugestões não apareceu essa evidência como esperado (Ver Anexo);
- Os tópicos 1 e 27 mostram que tanto a velocidade de diagnóstico quanto a velocidade de implementação não foram bem avaliadas e isto é importante já que a motivação para mudar depende fortemente disso. No caso do diagnóstico, apesar de ser muito bem ponderada a etapa de diagnóstico rápido pela sua velocidade, houve uma extensão da etapa de análise. Isto refletiu nos resultados.
- O tópico 23 mostra que apesar de todo o trabalho de diagnóstico e motivação para a mudança, parte dos participantes julgou o tempo disponível insuficiente para tratar o projeto e implementação de medidas. A etapa de diagnóstico mostrou que não ia ser fácil conseguir esse tempo, dada a cultura da empresa voltada para a ação. No entanto, não conseguiu ser contornado durante a implementação. É claro que este fator depende sobremaneira do comprometimento das lideranças e do tempo de projeto, já que fatores externos podem inverter prioridades a qualquer momento.

Os principais depoimentos dos envolvidos no processo foram:

- Sugestão de menor complexidade nas planilhas das medidas para facilitar a interpretação por parte de envolvidos em outras áreas.
- Faltou tempo para a coleta de dados que mostrassem mais resultados na plenária de encerramento.
- Gastou-se muito tempo em teoria e definições e, conseqüentemente, houve pouco tempo para a aplicação prática, levantamento de dados e efetiva implantação de medidas. Os ajustes devem ser aproveitados em uma segunda aplicação.
- O que foi implantado trará mais controle nos processos. Não se conseguiu oferecer uma atenção maior ao trabalho, pois se estava em uma transição de melhoria nos produtos e da filosofia de trabalho. Certamente, uma vez estabilizados e implantando 100% da coleta, encontrar-se-á uma ótima qualidade no trabalho.

A etapa de uso não conseguiu ser acompanhada na prática. No entanto, deixaram-se claramente definidas as bases e freqüências para a revisão crítica do desempenho. A empresa está em fase de organização da primeira revisão crítica de desempenho.

### **5.12 Considerações finais**

Depois de passado por todo o método, podem-se extrair algumas considerações que foram uma aprendizagem para este pesquisador e espera-se que seja de grande utilidade para outros pesquisadores.

Primeiramente, é necessário destacar que o fato de uma empresa contar com a norma ISO 9001 implantada e avaliada não é garantia de padronização das tarefas, como esperado para esta pesquisa. Esta padronização considera-se necessária para obter manufatura de alta performance. É necessário parar e observar um posto de trabalho, pelo menos, para entender se existe um padrão de trabalho suficiente para pontuar alto o questionário de consenso.

Como resultado desta pesquisa, a empresa estabeleceu um controle simples de materiais que circulam pela fábrica e das operações executadas nos processos, que seguramente vai servir para o planejamento, além de poder contabilizar a falta de material.

É importante trabalhar, ainda mais, a questão de outorgar prioridade ao desenvolvimento por sobre a rotina gerencial junto ao líder-arquiteto, abrindo assim, tempo suficiente para o líder do time de transformação e os donos das medidas. Considera-se importante a escolha do líder de transformação, devendo ser analisada um pouco mais profundamente junto ao líder-arquiteto. O líder do time de transformação deve ser um aliado na busca por tempo de gestão para o desenvolvimento e ter prioridade total ao projeto.

Existe uma necessidade muito grande de se trabalhar mais rapidamente o diagnóstico do que no caso piloto, pois muito do impulso inicial ganho com o diagnóstico rápido foi perdido durante a análise detalhada das medidas. Nesse sentido, a boa avaliação do diagnóstico rápido, dada pelo fundador, acionista principal e presidente da empresa, que declarou a prioridade alta que devia ter este desenvolvimento, serviu para passar os quatro longos meses de diagnóstico total, porém, perdeu-se bastante do impulso inicial.

Por último, um dos objetivos desta pesquisa - acompanhar a revisão crítica inicial com o novo SMD por parte da empresa - não conseguiu ser realizada até esta data. A revisão foi planejada para fevereiro do ano de 2006, sendo prorrogada para abril de 2006. Esse momento será aproveitado para desdobrar diretrizes para o período anual, que poderá tornar algumas medidas mais relevantes do que outras e dar origem à criação de outras medidas.

## 6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este capítulo final tem por objetivo fazer uma breve síntese do realizado na tese, seguido por uma discussão sobre o atendimento dos objetivos propostos para esta pesquisa e revisão crítica sobre as limitações do trabalho. Por último são sugeridos assuntos para pesquisas futuras no campo de estudo.

Neste trabalho foi desenvolvido um método para diagnóstico, projeto, implementação e uso piloto de medidas de desempenho relevantes para sistema de manufatura que procuram atingir excelência operacional. O método foi originado em uma tentativa por responder à questão de pesquisa: ***como desenvolver e implementar um sistema de medição de desempenho para suporte à efetiva melhoria do sistema de manufatura, promovendo a manufatura enxuta em empresas de bens manufaturados?***

Para responder a esta pergunta, no capítulo 2 realizou-se uma extensa revisão bibliográfica onde se descreveu o que se considera estado-da-arte da pesquisa na disciplina gestão de desempenho e se conceitualizaram as mais importantes contribuições acadêmicas e industriais para o bom desempenho de sistemas de manufatura.

No capítulo 3, se apresentou um modelo de referência caracterizando sistemas de manufatura, seu relacionamento com o(s) negócio(s) que atende e os objetivos de desempenho que caracterizam a um bom desempenho. Trabalhou-se desde uma perspectiva interna e externa de cada objetivo de desempenho para o sistema de manufatura. Na perspectiva interna foi explorado um modelo de relacionamento entre os objetivos de desempenho para alcançar a excelência operacional. Este relacionamento é a base do sucesso do STP.

No capítulo 4, o método denominado DAPIU foi proposto como uma forma prática de diagnosticar e revisar o SMD de sistemas de manufatura. Este método combina técnicas conhecidas e outras originais junto ao modelo de desempenho do capítulo 3 para responder a **questão de pesquisa** mostrada acima.

Já no capítulo 5, foi mostrado e discutido o resultado do trabalho de campo. Este trabalho foi dividido em uma fase exploratória e uma fase de validação, desenvolvidas por estudo de caso e pesquisa-ação respectivamente. O estudo de campo foi planejado para refinar e mostrar a aplicabilidade do método proposto no capítulo 4, e também contribuir à pesquisa na disciplina por meio das observações e aprendizagem em campo.

### 6.1 Discussão sobre os objetivos da pesquisa

A questão que logicamente precisa ser discutida é se o objetivo principal e os objetivos secundários foram alcançados. O objetivo foi apresentado no capítulo 1:



***Desenvolver um método para diagnóstico, projeto, implementação e uso de medidas de desempenho com o propósito de apoiar a melhoria do sistema de manufatura em empresas de bens manufaturados.***

O objetivo deu origem ao método motivo desta tese, método que foi desenvolvido e apresentado no capítulo 4, foi criado também um *software* para assistir aos usuários das medidas de desempenho do novo SMD que atende a um dos objetivos secundários:

***Desenvolver uma ferramenta computacional que assista aos gestores do sistema de manufatura em encontrar um conjunto de medidas de desempenho adequadas às necessidades de uso da empresa.***

O *software* tem dois principais alvos, o primeiro é contribuir à clareza conceitual do método, já que poucas coisas ajudam a definir certamente uma ferramenta gerencial como tentar colocar isso em um computador. O segundo alvo é contribuir para a segunda parte da questão de pesquisa, a que diz sobre apoiar a melhoria, isto por meio da facilidade de uso das medidas por parte das pessoas que podem efetivamente melhorar o sistema de manufatura.

Por outro lado, para poder melhorar o sistema de manufatura não alcança apenas com um *software*, por isso no capítulo 3 foi apresentado um modelo de referência sobre desempenho de sistemas de manufatura. Com isto se atendeu o objetivo secundário:

***Desenvolver um Modelo de referência para o desempenho do sistema de manufatura que seja a base conceitual para o método proposto.***

Finalmente, para apoiar empiricamente a proposta desta tese foi atendido o último objetivo secundário:

***Desenvolver pesquisa em campo através do método pesquisa-ação para avaliar a aplicabilidade e refinar o método proposto.***

Com este objetivo sustenta-se a viabilidade de uso do método proposto no capítulo 4 e também se espera ter contribuído academicamente às disciplinas gestão do desempenho e gestão de sistemas de manufatura.

## **6.2 Contribuições**

As contribuições deste trabalho podem ser categorizadas em contribuições acadêmicas e industriais.

Academicamente este trabalho pode ser posicionado como de implementação e uso de SMD em empresas. Portanto, atende as sugestões de desenvolvimento de autores importantes da

disciplina (Kaplan, Neely, Bourne, dentre outros). Com o método e o modelo pretendeu-se sistematizar muito do conhecimento acumulado, e esclarecer os principais conceitos que, infelizmente, não são tão bem entendidos na indústria. Considera-se essa a principal contribuição acadêmica desta pesquisa.

Outras contribuições são:

- Apresentação de um modelo de desempenho para sistema de manufatura baseado na excelência operacional, fazendo uso dos objetivos de desempenho apresentados em Slack *et alli* (1997, e 2002);
- Extenso levantamento bibliográfico sobre os principais assuntos de interesse para a pesquisa;
- Desenvolvimento de uma ferramenta de diagnóstico rápida e estruturada que permite a mensuração de avanços em medição de desempenho e também permite a comparação com outras empresas e unidades de negócio;
- Apresentação das principais técnicas estatísticas para o uso adequado das medidas de desempenho, técnicas que podem ser focadas em posteriores estudos;
- Uso de pesquisa-ação e estudos de caso, procedimentos de pesquisa cada vez mais usados e que são os únicos válidos para a questão de pesquisa da tese.

A relevância industrial está dada pela proposta de trazer um método de diagnóstico, projeto, implementação e uso de SMD. De forma tal de contar com um caminho com início, meio e fim que possa se mostrar útil em empresas de manufatura, domínio de pesquisa do GETEQ e depositário final de qualquer esforço de pesquisa do grupo.

Nesse sentido, destacam-se contribuições, algumas originais, que são a base do método DAPIU:

- Fase de Diagnóstico com uma ferramenta de diagnóstico rápido, visando conseguir motivação para a mudança rapidamente;
- Método completo de construção do conjunto de medidas com uma abordagem de baixo para cima, objetivando envolver os usuários das medidas nas primeiras fases do projeto;
- Ênfase na revisão crítica do desempenho, dada sua importância para a continuidade dos novos SMD;
- Por último a sistematização do método em um software que apesar de ainda inacabado para uso comercial já está sendo usado na empresa estudada como parte desta pesquisa.

### **6.3 Limitações e críticas ao trabalho**

A pesquisa tem a estranha propriedade de fazer sentir ao pesquisador que cada vez sabe menos que antes sobre os assuntos pesquisados, assuntos que antes não eram conhecidos e, portanto, confirmam aprendizagem. Isso apesar de todos os esforços dedicados para reverter essa tendência. Por isso, não é surpresa que quando a tese deve ser acabada, sinta-se que o

trabalho tem muitas limitações. Por isso esta seção deve ser obrigatória, pois é talvez a única seção que garante a preocupação do pesquisador com o assunto abordado.

Este trabalho teve algumas virtudes e suas limitações, apresentadas a seguir:

- Reconhece-se que a pesquisa de campo precisa ser ampliada, pois apesar de ter sido longitudinal e com caso piloto foi um único caso e sente-se que potenciais melhorias podem vir à tona aplicando mais vezes o método;
- Não se pode dizer que o método foi validado, apenas implementado e refinado. Logicamente, existem passos e técnicas que deverão ser corrigidas, algumas modificações já foram feitas e outras ainda não. Deverão ser feitas mais aplicações;
- A implementação e uso piloto do novo SMD não conseguiram ser acompanhadas totalmente, sobretudo o uso piloto, tornando-se uma fraqueza desta pesquisa;
- A revisão bibliográfica não foi desenvolvida para os dois últimos anos com a mesma profundidade do feito até final de 2003;
- Por falta de conhecimentos especializados de programação por computador o método não está otimizado nem depurado o suficiente para ser aberto ao público;
- Apesar de inicialmente propor-se trabalhar com laços de realimentação fechados nas unidades de desempenho, não se atingiu a meta na prática.

Também pode ser criticado o modelo de excelência operacional, seus pressupostos e filosofia, mesmo até o pressuposto de que por trás dele está o sucesso do STP. Afortunadamente o método foi desenvolvido com a possibilidade de servir também sem o uso do modelo. O principal ponto de ajuste para estes casos é no diagnóstico rápido, já que aí se assumem características do modelo para avaliar o SMD.

Poderia ser criticado, também, o método de diagnóstico rápido. Será que está levando em consideração todo o relevante para avaliar SMD? Infelizmente, resposta a uma pergunta sobre totalidade não está com este pesquisador, apenas a certeza de que contém assuntos todos considerados modernos hoje em medição de desempenho e a confirmação de que se mostrou rápido e motivador para a mudança no estudo de campo.

#### **6.4 Propostas para trabalhos futuros**

As principais propostas para trabalhos futuros são citadas a seguir:

- Ampliação do uso da ferramenta de diagnóstico rápido como *benchmarking*, pois como método estruturado pode ser usado para comparação entre empresas se dispondo de um banco de dados suficientemente grande. Isto pode ser abordado como parte de um trabalho de dissertação;

- Aprimoramento e validação do diagnóstico rápido como ferramenta independente do método completo, isto pela sua aplicação em mais empresas através de pesquisa-ação em casos múltiplos;
- Aprimoramento e validação do método DAPIU, por meio de pesquisa-ação simples ou múltipla em empresas da região;
- Condução de pesquisa longitudinal sobre uso de técnicas estatísticas adequadas no uso de medidas de desempenho e o seu papel na revisão crítica do desempenho;
- Condução de estudo de caso múltiplo focado apenas nos fatores que determinam a efetiva implementação de medidas de desempenho em chão de fábrica, pois se observa um hiato entre o projetado e o efetivamente implementado;
- Condução de pesquisa longitudinal sobre como são usadas as medidas de desempenho recentemente desenvolvidas em empresas (estudo de caso exploratório).
- Ampliação do conceito de **unidades de desempenho** para a segunda geração. Isto é, unidades de desempenho com laços de realimentação. Apesar de ser uma proposta desta pesquisa e o mapa-arquétipo e as unidades padrão apresentadas serem um estágio inicial desta proposta, laços de realimentação devem ser agregados para obter unidades de desempenho padrão de segunda geração. Esta pesquisa seria teórica e baseado em conceitos de teoria de sistemas, podendo ser assunto de doutoramento.

Considera-se este trabalho a pedra fundamental para desdobrar importantes pesquisas no grupo Geteq sobre desempenho de sistemas de manufatura. Ao final, é muito difícil de melhorar um desempenho que não pode ser medido.

## 6.5 Considerações finais

A proposta original desta tese era de alavancar, como trabalho pioneiro, o tema dentro do grupo Geteq. O futuro dirá se isto foi obtido, se o tema será funcional e sinérgico com o principal tema de pesquisa atual do grupo: a *manufatura lean*. As respostas já começam a aparecer e hoje uma pesquisadora do mesmo grupo está implementando, melhorando e discutindo o método completo em uma importante empresa sediada em Santa Catarina (Joinville), líder mundial em volume de vendas de seu produto principal, dando assim continuidade ao refinamento do método.

Para este pesquisador o trabalho foi muito rico, pois para poder desenvolver um método de diagnóstico e obtenção de medidas de desempenho foi necessário entender muito sobre desempenho de sistemas de manufatura e estes conhecimentos hoje estão sendo utilizados com total proveito na prática profissional.

Espera-se desde este trabalho ter contribuído ao conhecimento dos sistemas de manufatura em geral e aos princípios *lean* em particular, assim como à disciplina gestão de desempenho.

## 7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ACKOFF, R. L, SASIENI M. W., **Fundamentals of operation research**. New York, NY, John Wiley & Sons, 1968.
- ACKOFF, R. L. **Creating the corporate future**. New York, NY, John Wiley & Sons, 1981.
- AKAO, Y. **Hoshin kanri: policy deployment for successful TQM**. Cambridge: Productivity Press, 1991.
- ADLER, P. S., GOLDOFTAS, B., LEVINE, D. I. **Flexibility Versus Efficiency? a Case Study of Model Changeovers in the Toyota Production System**. Organization science. Vol.10, Issue 1, 1999.
- ALDAG, R.J., STEARNS, T.M., **Issues in research methodology**. Journal of Manage. Vol.14, n2, 253–273. 1988.
- ALVES, N., **A Medalha de Ouro para Empresas**. [Citado 11 de julho, 2002]. Disponível na Internet: <[http://www.fpnq.org.br/artigos\\_gm\\_set2000.htm](http://www.fpnq.org.br/artigos_gm_set2000.htm)>, 2000.
- ANDERSON, J., C.; CLEVELAND, G.; SCHROEDER, R. **Operations strategy: A literature review**, Journal of Operations Management, vol. 8, nº2, 1989.
- ANDREWS. **Quem deve controlar a empresa** In: MINTZBERG, H. QUINN, J. B. O processo de estratégia. 3. ed. Porto Alegre: Bookman Editora, 2001.
- APQC's International Benchmarking Clearinghouse. **Process Classification Framework**. [Cited 25 September, 2002] Available from Internet:<[http://www.numa.org.br/download/Desenv\\_Produto/framework.pdf](http://www.numa.org.br/download/Desenv_Produto/framework.pdf)>, 1991.
- BALANCED SCORECARD COLLABORATIVE. **Balanced Scorecard Functional Standards™**. Release 1.0. [Cited 23 September, 2002] Available from Internet: <<http://www.bscol.com/invoke.cfm/A41797F2-B4FE-11D4-A8C200508BDC96C1>>, 2002.
- BALDRIGE NATIONAL QUALITY PROGRAM, **Criteria for performance excellence**. [Cited 15 July, 2002]. Available from Internet <<http://www.quality.nist.gov/Criteria.htm>>, 2002.
- BANKS, R.L.; WHEELWRIGHT, S.C. **Operations vs. Strategy: Trading Tomorrow for Today**. Harvard Business Review, pp. 112-119, (May-June) 1979.

BARNES, D. **Research methods for the empirical investigation of the process of formation of operations strategy.** International Journal of Operations & Production Management, Vol. 21 No. 8, pp. 1076-1095, 2001.

BARNEY, M. **Motorola's Second Generation:** Six Sigma Forum Magazine, American Society for Quality, Vol 1, N° 3, Milwaukee, 2002. [Cited August, 2005]. Available from Internet <[www.asq.org/pub/sixsigma/past/vol1\\_issue3/motorola.html](http://www.asq.org/pub/sixsigma/past/vol1_issue3/motorola.html)>, 2002.

BEER, S. **The Heart of Enterprise.** Great Britain: John Wiley and Sons Ltd, 1979.

BERNOLAK. **Effective measurement and successful elements of company productivity: the basis of competitiveness and world prosperity** International Journal of Production Economics. v52, 1997.

BITITCI, **Integrated Performance Measurement System Reference Model version 2.4.** Documento de comunicação interna, Recebido em Abril de 2002a.

BITITCI, U. S. **Integrated performance measurement systems: an audit approach - Part 1: The Competitive Business Structure,** IOM Control Magazine, v.28, nº1, February 2002b. Available in Internet <[http://194.242.155.146/~iom/assets/200202\\_18a.pdf](http://194.242.155.146/~iom/assets/200202_18a.pdf)>

BITITCI, U. S.; CARRIE, A. S.; MCDEVITT, L. **Integrated performance measurement systems: a development guide.** International Journal of Operations & Production Management. v 17. no. 5., pp 522-534, 1997.

BLAUTH, R. **Seis Sigma: Uma Estratégia Para Melhorar Resultados.** Revista FAE Business, Nº 5, Abril p 36 –39, 2003.

BOURNE, M.; MILLS, J.; WILCOX, M.; NEELY, A.; PLATTS, K. **Designing, implementing and updating performance measurement systems.** International Journal of Operations & Production Management, Vol. 20 No. 7, pp. 754-771, 2000.

BOURNE, M.; NEELY, A.; MILLS, J.; PLATTS, K. **The success and failure of performance measurement initiatives: Perceptions of participating management.** International Journal of Operations & Production Management, Vol. 22 No. 11, pp. 1288-1310, , 2002.

BREYFOGLE, F., MEADOWS, B. **.Bottom-line success with Six Sigma. Define key process output variables and their effects on the cost of poor quality.** Quality Progress, vol. 34, no. 5, May, pp. 101-104, 2001.

BROWN, M. G. **Keeping score** – using the right metrics to drive world-class performance. New York, Quality Resources, 1996.

BRYMAN, A. Research methods and organization studies. London, Unwin Hyman, 1989.

CAMP, R. C. **Benchmarking: the search for industry best practices that lead to superior performance.** Milwaukee: ASQC Quality press, 1989.

CARPINETTI, L. C. **Uma Proposta para o Processo de Identificação e Desdobramento de Melhorias da Manufatura:** Uma Abordagem Estratégica. Tese (Livre-Docência) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, 2000.

COLLINS, R. S., CORDON, C., JULIEN, D. **An empirical test of the rigid flexibility model.** Journal of Operations Management, v.16, pp. 133-146, 1998.

COLLINS, R.; SCHMENNER, R.W. **Achieving rigid flexibility: factory focus in the 1990s.** European Management Journal, Vol. 11, pp. 443-7.1993.

CROSS, K. F., Lynch, R. F., The “SMART” way to define and sustain success. National Productivity Review, v.8, n.1, pp. 23-33, 1988.

DAFFRE, S. **Seis sigma – Uma metodologia de sucesso.** [Citado 18 de fevereiro, 2006] Disponível em Internet: <<http://www.saebrasil.org.br/imprensa/artigos/exibe.asp?codigo=6>>.

DANGAYACH, G. S.; DESHMUKH, S. G. **Manufacturing strategy Literature review and some issues.** International Journal of Operations & Production Management, Vol. 21 No. 7, 2001, pp. 884-932, 2001.

DANIEL, C.; WOOD, F. **Fitting equations to data: computer analysis of multifactor data.** New York: Wiley, 1980.

DAVENPORT, T.H. AND SHORT, J.E., **The New Industrial Engineering:** Information Technology and Business Process Redesign, Sloane Management Review, pp.11-27, Summer 1990.

DAVIS, M. **Fundamentos da administração da produção.** 3.ed. Porto Alegre: Bookman Editora. 2001.

DE MEYER, A.; NAKANE, J.; MILLER, J. G.; FERDOWS, K. **Flexibility: the next competitive battle** – the manufacturing futures survey. Strategic Manage, v.10, n2, pp. 135-144, 1989.

DE WAAL, A. A. **The role of behavioral factors in the successful implementation and use of performance management systems.** In: A. Neely, A. Walters and R. Austin (ed.) Performance Measurement and Management: Research and Action, 2002.

DE WALL, A, A. **Behavioral factors important for the successful implementation and use of performance management systems.** Management Decision, v. 41, nº 8, 2003.

DE WALL, A. A. **Stimulating performance-driven behavior to obtain better results.**

International Journal of Productivity and Performance Management v. 53, nº 4, pp. 301-316, 2004.

DIXON, J. R., NANNI, A. J., VOLLMAN, T. E. **The new performance challenge – measuring operations for world class competition.** IL: Dow Jones – Irwin, 1990.

ECO, H. **Como se faz uma tese.** São Paulo: Perspectiva; 1989.

EISENHARDT, K. M. **Building theories from case study research.** Academy of Management Review, v.14, n.4, pp.532-50, 1989.

ESPRIT Consortium AMICE, **Integrated Manufacturing: A Challenge for the 1990's.** International Journal of Computing and Control Engineering, 1991.

FNPQ, **Cr terios de excelência:** o estado da arte da gestão para a excelência do desempenho, 2002. [Citado 16 de julho, 2002]. Disponível na Internet: <[http://www.fpnq.org.br/criterios\\_2002.htm](http://www.fpnq.org.br/criterios_2002.htm)>.

GARVIN, D. A. **Manufacturing strategy planning.** California Management Review, v.36, n.4, pp.85-105, summer 1993.

GHALAYINI, A. M.; NOBLE, J. S.; CROWE, T. J. **An integrated dynamic performance measurement system for improving manufacturing competitiveness.** Int. Journal of Production Economics, vol. 48, no. 3, pp207-225, 1997.

GERWIN D. **An Agenda for Research on the Flexibility of Manufacturing Processes.** International Journal of Operations and Production Management, V7 n1, pp. 38-49, 1987.

GLOBERSON, S. **Issues in developing a performance criteria system for an organization.** International Journal of Production Research, v.23, n.4, pp.639-646, 1985.

GODOY, A. S. **Introdução   pesquisa qualitativa e suas possibilidades.** Revista de Administração de Empresas, v.35, n.2, pp.57-63, mar./abr. 1995.

HALL, R. W. **Attaining Manufacturing Excellence.** Chicago: Irwin Prof. Publishing, 1987.

HAMMER, M. **Reengineering Work: Don't Automate, Obliterate.** Harvard Business Review, pp104-112, July-August 1990.

HARBOUR, J. L. **The basics of performance measurement.** Portland: Productivity Press, 1997.

HARRINGTON, H. J. **Aperfei ando Processos Empresariais.** São Paulo: Makron Books, 1993



HAYES, R. H.; WHEELWRIGHT S. C. CLARK, K. B. **Dynamic manufacturing:** creating the learning organization. New York: The Free Press. 1988.

HAYES, R. H.; WHEELWRIGHT S. C. **Restoring our competitive edge:** competing through manufacturing. John Wiley & Sons. 1984.

HERRERA, J. A. **La gestión de la fábrica:** Modelo para mejorar la competitividad Ediciones Díaz de Santos, 2005.

HICKMAN, L.J., **Technology and Business Process Re-engineering:** Identifying Opportunities for Competitive Advantage, British Computer Society CASE Seminar on Business Process Engineering, London, 29 June 1993.

HILL, T. J. **Manufacturing strategy – the strategic management of manufacturing function.** 2 nd ed. London, Macmillan, 1993.

HITOMI, K. **Manufacturing systems engineering.** London: Taylor & Francis Ltd., 1979.

HRONEC S. M. **Sinais Vitais.** São Paulo: Makron Books, 1994.

ISHIKAWA, K. **Guide to Quality Control.** Akasaka, Japan: Asian Productivity Organization, 1968.

KAPLAN, R. S. **Yesterday's accounting undermines production.** Harvard business review, v.62, n.4, pp. 95-101, 1984.

KAPLAN, R. S.; NORTON, D. P. **The balanced scorecard – measures that drive performance.** Harvard Business Review, v.70, n.1, pp.71-79, 1992.

KAPLAN, R. S.; NORTON, D. P. **A estratégia em ação – Balanced Scorecard.** Editora Campus. Rio de Janeiro, 1997.

KAPRA, F. **A teia da vida.** Editora Cultrix: São Paulo, 1996.

KAYDOS, W. **Operational performance measurement:** Increasing total productivity, St. Lucie Press, Boca Raton, 1999.

KEEGAN, D. P.; EILER, R. G.; JONES, C. R. **Are your performance measures obsolete?** Management Accounting, v. 70, n.1, pp. 45-59, 1989.

KENNERLY, M., NEELY, A. , **Measuring performance in changing business environment,** International Journal of Operations and Production Management, Vol. 23 No.2, pp.213-29, 2003

- KENNERLEY, M. P.; NEELY, A. **Performance measurement frameworks: a review**. In: NEELY, A. **Business Performance Measurement: Theory and Practice**, Cambridge University Press, 2002.
- KITCHENHAM, B. A. **Evaluating software engineering methods and tools - Part 1: the evaluation context and evaluation methods**. ACM Software Engineering Notes, 21(1):11-5, 1996.
- KIYAN, F. M. **Proposta para desenvolvimento de indicadores de desempenho como suporte estratégico**. Dissertação de Mestrado. Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, 2001.
- LAKATOS, E. M.; MARCONI, M. A. **Fundamentos em metodologia científica**. 3.ed. São Paulo, Atlas, 1995.
- LANE, D. M. **HyperStat Online Textbook**. [Cited February 2006] Available in Internet <<http://davidmlane.com/hyperstat/B27576.html>>
- LAWRENCE, P.R. AND. LORSCH, J.W., **Organization and Environment**. Harvard University Press, Boston, MA, 1967.
- LEONG, G. K.; SNYDER, D. L.; WARD, P. T. **Research in the process and content of manufacturing strategy**. OMEGA International Journal of Management Science, v.18, n.2, pp.109-122, 1990.
- LEONG, G. K.; WARD, P. T. **The six Ps of manufacturing strategy**. International Journal of Operations & Production Management, v.15, n.12, pp.32-45, 1995.
- LEXICO LEAN - **Glossário ilustrado para praticantes do pensamento lean**. Eds: Marchinsky e Shook. Lean Institute Brasil, São Paulo - SP, 2003.
- LINDERMAN, K., SCHROEDER, R.G., ZAHEER, S., CHOO, A.S. **Six Sigma: a goal-theoretic perspective**. Journal of Operations Management, vol21, pp. 193-203, 2003.
- LINGLE, J., SCHIEMANN, W. **From balanced scorecard to strategic gauges: Is measurement worth it?** Manage Review, v85 n°3, pp. 56–61, 1996.
- LIKER, J., K. **The Toyota way: 14 management principles from the world's greatest manufacturer**. McGraw-Hill: New York, 2004.
- LUCERO, A.; QUEIROZ, A.; SOUZA, B. **Um método para diagnóstico da medição de desempenho em sistemas de manufatura**. In: 3ero Congresso Brasileiro de Fabricação – COBEF, 2005.

LUCERO, A. G. **Um método de otimização para a programação da manufatura em pequenos lotes.** Dissertação de mestrado em Engenharia Mecânica. Universidade Federal de Santa Catarina, 2001.

MANDELBAUM, M. **Flexibility in decision making: an exploration and unification.** PhD thesis, Department of Industrial Engineering, University of Toronto, 1978.

MARTINS, R. A. **The use of performance measurement information as a driver in designing a performance measurement system.** In: A. Neely, A. Walters and R. Austin (ed.), Performance Measurement and Management: Research and Action, 2002.

MARTINS, R. A., **Use of performance measurement systems: some thoughts towards a comprehensive approach.** In: A. Neely, ed., Performance measurement – past, present and future, Centre for Business Performance of Cranfield University, 363-370, 2000.

MARTINS, R. A. **Sistemas de medição de desempenho:** Um modelo para estruturação do uso. Tese (Doutorado) – Escola Politécnica. São Paulo. Universidade de São Paulo, 1999.

MSA. **Measurement Systems Analysis Reference Manual**, 2nd ed., 1995.

MAULL R., CHILDE S. AND BENNET J., **Frameworks for Understanding BPR.** IJOPM No.12 1994.

MEEKINGS, A. **Effective review meetings: the counter-intuitive key to successful performance measurement.** International Journal of Productivity and Performance Management, v.54, n.3, pp.212-220, 2005.

MEREDITH, J. **Building operations management theory through case and field research.** Journal of Operations Management, Vol. 16, pp. 441-454, 1998.

MERLI, G. **Eurochallenge:** the TQM approach to capturing global markets. London: IFS, 1993.

MYERS, R. H. **Classical and Modern Regression with Applications.** Duxbury, Boston 2nd Edition, 1990.

MILLER, G.; VOLLMANN, T.E. **The Hidden Factory.** Harvard Business Review, pp. 142-150, September/October, 1985.

MILLS, J.; PLATTS, K.; GREGORY, M. **A framework for the design of manufacturing strategy processes – a contingency approach.** International Journal of Operations & Production Management, v.15, n.4, pp.17-49, 1995.

MINTZBERG, H., **The strategy concept I: five Ps for strategy.** California Management Review, Fall, pp. 11-24, 1987.

MISTEREK, S., DOOLEY, K., ANDERSON, J. **Productivity as a performance measure.** International Journal of Operations and Production Management, Vol. 12 nº1, pp. 29-45, 1992.

MONDEN, Y. **Toyota production system:** an integrated approach to just-in-time. Norcross, Georgia: Engineering & Management Press, 1998.

MONDEN, Y. **Sistema Toyota de produção.** São Paulo: Instituto de Movimentação e Armazenagem de Materiais, IMAM, 1984.

MONTGOMERY D. C.; RUNGER, G. C. **Estatística aplicada e probabilidade para engenheiros.** Rio de Janeiro: Editora LTC, 2003.

MONTGOMERY D. C.; RUNGER, G. C. **Estatística aplicada e probabilidade para engenheiros.** Rio de Janeiro: Editora LTC, 1997.

NEELY, A. **The evolution of performance measurement research:** Developments in the last decade and e research agenda for the next. International Journal of Operations & Production Management, v.25, n.12, pp.1264-1277, 2005.

NEELY, A., ADAMS, C., KENNERLEY, M. **The Performance Prism:** The Scorecard for Measuring and Managing Stakeholder Relationships. London: Financial Times Prentice Hall, 2002.

NEELY, A. ADAMS, C. **Perspectives on performance:** The performance prism, 1999a. [Cited 3 July, 2002] Available from Internet: <<http://www.som.cranfield.ac.uk/som/cbp/>>.

NEELY, A. **The performance measurement revolution:** why now and what next? International Journal of Operations & Production Management, v.19, n.2, pp.205-228, 1999.

NEELY, A. **Measuring Business Performance:** Why, What and How. Economist Books, November 1998.

NEELY, A., MILLS, J., GREGORY, M. RICHARDS, H. PLATTS, K. and BOURNE, M. **Getting the Measure of Your Business.** Findlay Publications, Horton Kirby, 1996b.

NEELY, A.; MILLS, J.; PLATTS, K.; GREGORY, M.; RICHARDS H. **Performance measurement system design: Should process approaches be adopted?** Int. Journal of Production Economics, v. 46-47, pp. 423-431, 1996a.

NEELY, A. **Performance measurement system design:** theory and practice. Manufacturing Enginnering Group, Cambridge University, 1993.

NIST/SEMATECH. **E-Handbook of statistical methods** [Cited February, 2006] Available from Internet <http://www.itl.nist.gov/div898/handbook/>, 2006.

NOBLE, M. A. **Manufacturing strategy: testing the cumulative model in multiple country context.** Decision Science, v.26, n5, pp. 693-721, 1995.

ÑAURI, M. H. C. **As Medidas de Desempenho como Base para a Melhoria Contínua de Processos:** o Caso da Fundação de Amparo à Pesquisa e Extensão Universitária (FAPEU) Florianópolis, Dissertação (Mestrado) - Engenharia de Produção, Universidade Federal de Santa Catarina, 1998.

OHNO, TAIICHI. **O Sistema Toyota de Produção: além da produção em larga escala.** Porto Alegre: Artes Médicas, 1997.

OSTRENGA M, **Guia de Ernst & Young para gestão total dos custos.** 3.ed. Rio de Janeiro:Record, 1997.

PANDE, P; NEUMAN, R; CAVANAGH, R. **Estratégia Seis Sigma:** Como a GE, a Motorola e outras grandes empresas estão aguçando seu desempenho: Qualitymark Ed, Rio Janeiro, 2004.

PANDE, P. **What is Six Sigma?:** Mc Graw-Hill Professional Ed. 2001. [Citado em fevereiro de 2006]. Disponível em Internet: <<http://site.ebrary.com/lib/buufsc/Top?channelName=buufsc&cpag=6>>, 2005.

PFEIFER, T; TORRES, F **Manual de gestión e ingeniería de la calidad.** Zaragoza: Mira Editores, 1999.

PLATTS, K. W.; GREGORY, M. J. **Manufacturing audit in the process of strategy formulation.** International Journal of Operations and Production Management, v.10, nº.9, 1990.

PLATTS, K.W. **A process approach to researching manufacturing strategy.** International Journal of Operations & Production Management, Vol. 13 No. 8, pp. 8-17, 1993.

PLATTS, K. W.; MILLS, J. F.; NEELY, A. D.; GREGORY, M. J. & RICHARDS, A. H. **Evaluating manufacturing strategy formulation process.** Int. Journal of Production Economics, v. 46-47, pp. 233-240, 1996.

PLATTS, K.W., MILLS, J.F., BOURNE, M.C., NEELEY, A.D., RICHARDS, A.H. AND GREGORY, M.J. **Testing manufacturing strategy formulation processes.** International Journal of Production Economics, Vol. 56-57, pp. 517-23, 1998.

POLER ESCOTO, R. **Análisis Dinámico del Sistema decisional de la Empresa en el marco del Método GRAI** – Aplicación a una PYME Textil. Escuela Politécnica Superior de Alcoy, Tesis Doctoral - Universidad Politécnica de Valencia, 1998.

PORTER, M. **What is strategy?** Harward Business review, November-December, pp. 61-78, 1996.

RENTES, A. R. **Transmeth – Proposta de uma Metodologia para a Condução de Processos de Transformação de Empresas São Carlos**. Tese (Livre-Docência) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, 2000.

RICHARDT, C.S., COOK, T.D. **Beyond qualitative vs. quantitative methods**. In: Richardt, C.S., Cook, T.D. Eds. , *Qualitative and Quantitative Methods in Evaluation Research*. Sage Publications, Newbury Park, CA, pp. 7–32, 1979.

RICHARDSON, G. P.; PUGH, A. L. **Introduction to System Dynamics Modeling with DYNAMO**. Productivity Press, Cambridge, 1981.

RIOS VELANDIA, L. **Um modelo de referência para eliminação de anomalias nos processos de manufatura em um contexto seis sigma**. Dissertação de Mestrado – Universidade Federal de Santa Catarina, 2006.

ROTHER, M., SHOOK, J. **Aprendendo a enxergar**. Baseado na versão 1.3 de junho de 2003 de **Learning to see**, 2003.

ROTHER, M., HARRIS, R. **Criando fluxo contínuo**. Baseado na versão 1.0 de junho de 2001 de **Creating continuous flow**, 2001.

RUMLER, G. A.; BRACHE, A. P. **Melhores desempenhos das empresas**. 2.ed. São Paulo, Makröns Books, 1994.

SALOMON, D. V. **Como fazer uma monografia**. 2.ed. São Paulo, Martins Fontes, 1991.

SCHNEIDERMAN, A. M. **Setting quality goals**. *Quality Progress*, pp. 51-58, 1988.

SCHOBENGER R. J., **Japanese manufacturing techniques: nine hidden lessons in simplicity**, New York: Free Press, 1982.

SEIBEL, S. **Um modelo de benchmarking baseado no sistema produtivo classe mundial para avaliação de práticas e performances da indústria catarinense brasileira**. Tese (Doutorado) – Universidade Federal de Santa Catarina, 2004.

SENGE, P. **A quinta disciplina: arte e prática da organização que aprende**. São Paulo: Editora Best Seller, 2002.

SHINGO, S. **O Sistema Toyota de Produção desde o ponto de vista da Engenharia de Produção**. Porto Alegre: Artes Médicas, 1996.

SINK, D. S.; TUTTLE, T. C. **Planejamento e medição para a performance**. Rio de Janeiro, QualityMark, 1993.

SIQUEIRA CAMPOS ASSOCIADOS. **Seis Sigma e a Organização que Aprende**: SAE Brasil. [Citado Maio de 2005] Disponível em Internet <[www.siqueiracampos.com/artiftdo.htm](http://www.siqueiracampos.com/artiftdo.htm)>, 2005.

SKINNER, W. **The focused factory**. Harvard Business Review (May--June), 113—121, 1974.

SKINNER, W. **Manufacturing - missing link in corporate strategy**. Harvard Business Review, May-June, pp. 136-145, 1969.

SLACK, N. **The changing nature of operations flexibility**. International Journal of Operations and Production Management Vol. 25 No. 12, 2005.

SLACK, N., CHAMBERS, S., HARKAND, C., HARRISON, A., JOHNSTON, R., **Administração da Produção**. São Paulo: Atlas, 1997.

SLACK N. **The Flexibility of Manufacturing Systems**. International Journal of Operations and Production Management, v7 n4, pp. 35-45, 1987.

SLACK, N. **Flexibility as a manufacturing objective**. International Journal of Operations and Production Management, Vol. 3 No. 3, 1983.

SMALLEY, A. **Estabilidade é a base para o sucesso da produção lean**. [Citado 4 de fevereiro, 2006] Disponível em Internet: <[http://www.lean.org.br/bases.php?&interno=artigo\\_20](http://www.lean.org.br/bases.php?&interno=artigo_20)>, 2005.

SPEAR, S., BOWEN, H. K. **Decodificando o DNA do Sistema Toyota de Produção**. Harvard Business Review. 1999.

SPRING, M; BOADEN, R. **One more time: how do you win orders?: a critical reappraisal of the Hill manufacturing strategy framework** International Journal of Operations and Production Management, Vol. 17 No. 8, pp. 757-779, 1997.

STEVENSON, William J. **Estatística Aplicada à Administração**. São Paulo: Editora Harbra, 1986.

SWINK, M.; WAY, M. H. **Manufacturing strategy: propositions, current research, renewed directions**. International Journal of Operations & Production Management, v.15, n.7, pp.4-26, 1995.

TAKASHINA, N. T. FLORES, M. C. **Indicadores da qualidade e do desempenho: como estabelecer e medir resultados**. Rio de Janeiro: Qualitymark, 1996.

TANGEN, S. **Demystifying Performance and Productivity**. International Journal of Productivity and Performance Management, Vol. 54 nº1, 2005.

VOSS, C., TSIKRIKTSIS, N., FROHLICH, M. **Case research in operations management**. International Journal of Operations & Production Management, Vol. 22 No. 2, pp. 195-219, 2002.

VOSS, C. A. **Alternative paradigms for manufacturing strategy**. International Journal of Operations & Production Management, v.15, n.4, pp.5-16, 1995.

VOSS, C. A.; BLACKMON, K. **Practice Performance Relationships in UK**. Manufacturing Industry. London: London Business School, 1993.

WAGGONER, D. B. *et alli*. **The forces that shape organizational performance measurement systems: An interdisciplinary review**. International Journal of Production Economics. Nº 60-61, p.53- 60, 1999.

WESTERN ELECTRIC COMPANY, **Statistical quality control handbook**. Pennsylvania: Mack Printing Co., 1956.

WHEELER, D.J., **The process evaluation handbook**. Tennessee: SPC Press, 2000.

WHEELER, D.J., **Understanding variation: the key to managing chaos**. Tennessee: SPC Press, 1993.

WHEELWRIGHT, S.C., **Manufacturing strategy: defining the missing link**, Strategic Management Journal, Vol. 5, pp. 77-91, 1984.

WHEELWRIGHT, S. C.; HAYES, R. C. **Competing through manufacturing**. Harvard Business Review, v.63, n.1, pp.99-109, jan./feb. 1985.

WINCHELL, W. **Inspection and measurement in manufacturing key to process planning and improvement**, 1996.

WODTKE E. W. **Collaborative manufacturing management: A fundamental change in the strategic value proposition for manufacturers** In: Congresso Internacional de Automação, Sistemas e Instrumentação 2001. Palestras Internacionais. CD-Rom. São Paulo: ISA-The Instrumentation System and Automation Society-District 4 (South America), 2001.

WOMACK, J., P.; JONES, D. **Enxergando o Todo**. Baseado na versão 1.3 de junho de 2004.

WOMACK, J., P.; JONES, D. **A mentalidade enxuta nas empresas: elimine o desperdício e crie riqueza**. Rio de Janeiro: Campus, 1996.

WOMACK, J., P.; JONES, D., T.; ROOS, D. **The machine that changed the world: The Story of Lean Production**, Cambridge, Mass.: Harper Perennial, 1990.

YIN, R. K. **Case study research: design and methods**. London, Sage Publications Ltd., 1989.

## LINKS DE INTERESSE



American Productivity and Quality Center [Cited 16 July, 2002] Available from Internet  
<<http://www.apqc.org/pm/>>

Baldrige National Quality Program [Cited 16 July, 2002] Available from Internet  
<<http://www.quality.nist.gov/>>

EFQM Association [Cited 16 July, 2002] Available from Internet  
<[http://www.efqm.org/new\\_website/model\\_awards/model/excellence\\_model.htm](http://www.efqm.org/new_website/model_awards/model/excellence_model.htm)>

IDEF Family of Methods - A structured approach to enterprise modeling and analysis [Cited 14 October, 2002] Available from Internet <<http://www.idef.com/>>

Instituto de Gerenciamento INDG, 2005  
< <http://www.indg.com.br/blackbelts/cursoseissigma.asp>>)

The Edwards Deming Institute [Cited 14 October, 2002] Available from Internet  
<<http://www.deming.org/demingprize/prizeinfo.html>>

PORTAL SEBRAE, Classificação de Empresas pela quantidade de empregados, [Citado 27 de setembro, 2002] Disponível na Internet:  
<[http://200.252.248.100/site/na/conmpe.nsf/SubFrame?OpenFrameSet&Frame=Cont&Src=\\_95tpmit355tn62br3dtn6qs355pn76phfehn8rrj5si6cqbiedq3ujrgcln48rr3elmmarjk4p0nat3f8pp62rb5cg0\\_](http://200.252.248.100/site/na/conmpe.nsf/SubFrame?OpenFrameSet&Frame=Cont&Src=_95tpmit355tn62br3dtn6qs355pn76phfehn8rrj5si6cqbiedq3ujrgcln48rr3elmmarjk4p0nat3f8pp62rb5cg0_)>

Prêmio Qualidade RS [Citado 16 de Julio, 2002] Disponível na Internet  
<<http://www.portalqualidade.com.br/>>

Sociedade Nacional de Industrias do Peru [Citado 16 de Julio, 2002]. Disponible en la Internet  
<<http://www.sni.org.pe/cdi/premio/pncla.html>>

## APÊNDICES

## APÊNDICE A

**Guia para o líder-arquiteto do diagnóstico do SMD**

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA  
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA MECÂNICA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA MECÂNICA (PPGEM)  
GRUCON - GETEQ

***GUIA PARA O LIDER ARQUITETO  
DO DIAGNÓSTICO DA MEDIÇÃO DE DESEMPENHO***



***MEDIÇÃO DE DESEMPENHO  
DO SISTEMA DE MANUFATURA***

Pesquisador: M. Eng. Adrián Guillermo Lucero

Orientador: Prof. Abelardo Alves de Queiroz, Ph.

## **Sumário**

<b>I. Introdução.....</b>	<b>3</b>
<b>II. O processo de Diagnóstico DAPIU.....</b>	<b>3</b>
<b>A. Etapa I: Prévia à visita dos facilitadores à empresa .....</b>	<b>3</b>
Escolha do grupo de funcionários para responder ao módulo I do Questionário Diagnóstico .....	4
Constituição da equipe de diagnóstico para consenso do módulo II do Questionário Diagnóstico .....	4
Preparação de documentação sobre medição de desempenho do sistema produtivo.....	5
Obtenção de apoio da gerência .....	5
<b>B. Etapa II: O diagnóstico .....</b>	<b>5</b>
Programa de atividades dos facilitadores , materiais e método.....	7
<b>C. Etapa III: Apresentação de relatório do Diagnóstico e possíveis linhas de ação.....</b>	<b>8</b>

## **I. INTRODUÇÃO**

Este documento foi preparado para maximizar o benefício do diagnóstico rápido do Sistema de Medição de Desempenho – SMD - do sistema de manufatura iniciado pela sua empresa. Nele é apresentado o método de Diagnóstico DAPIU passo por passo e os principais aspectos que devem ser cuidados para garantir o sucesso do processo.

## **II. O PROCESSO DE DIAGNÓSTICO DAPIU**

O método DAPIU foi criado com o intuito de fornecer o caminho sistemático para revisão e obtenção de modernos Sistemas de Medição de Desempenho que suportem melhoria contínua em sistemas de produção de empresas de todos os setores industriais. A sigla se corresponde com as cinco fases do método DAPIU:

- D: Definição das necessidades de desenvolvimento;
- A: Análise da abrangência do projeto e de medidas individuais;
- P: Projeto de medidas;
- I: Implementação do SMD; e
- U: Uso do SMD.

As duas primeiras fases, Definição das necessidades de desenvolvimento e Análise de abrangência do desenvolvimento estão incluídas no processo de Diagnóstico DAPIU, assunto deste documento.

O diagnóstico tem três etapas bem definidas que são:

- a) Etapa I: Prévia à visita dos facilitadores à empresa;
- b) Etapa II: O diagnóstico rápido;
- c) Etapa III: Apresentação do relatório do diagnóstico e análise das possíveis linhas de ação.

E são detalhadas a seguir:

### **A. Etapa I: Prévia à visita dos facilitadores à empresa**

O Diagnóstico DAPIU inicia com o estágio prévio à visita dos facilitadores da Universidade Federal de Santa Catarina à empresa. Esta etapa consiste de quatro aspectos bem diferenciados e que são responsabilidade do líder arquiteto da empresa:

1. Escolha do grupo de pessoas para responder ao Módulo I do Questionário Diagnóstico Rápido;
2. Constituição da equipe de diagnóstico para consenso do Módulo II do Questionário Diagnóstico Rápido;
3. Preparação de documentação sobre medição de desempenho do sistema produtivo;
4. Obtenção de apoio da gerência.

## **Escolha do grupo de funcionários para responder ao módulo I do Questionário Diagnóstico Rápido**

Este estágio consiste na seleção de um grupo de funcionários da empresa que responderá individualmente o módulo I do questionário, um módulo planejado para ser preenchido em 30 minutos. Este grupo de funcionários deve contar com um número equivalente a 25% das pessoas que constam na folha de pagamento do sistema de manufatura em avaliação ou 25 pessoas, o valor maior dos dois. Todos os setores da empresa e todas as hierarquias da produção devem estar representados e sendo mais pessoas do que o mínimo exigido os resultados serão mais representativos da situação da empresa. Os setores em questão são:

- Garantia da Qualidade
- Planejamento e Controle da Produção – PCP
- Desenvolvimento de Produtos
- Compras
- Vendas/marketing
- Produção
  - Direção Industrial
  - Gerência Industrial
  - Engenharia de Produção
  - Supervisão de Produção
  - Líderes de times da Qualidade
  - Supervisão de Manutenção
  - Funcionários da Produção

A recomendação aqui é envolver a alta e media gerencia dos setores de apoio à produção e as hierarquias maiores da produção junto a um número representativo dos líderes de times da qualidade, líderes de turno e lideres de seção no chão de fábrica. Também devem ser chamados funcionários com experiência na empresa e que passaram por diferentes postos de trabalho, portanto, adquirindo uma boa visão sobre o relacionamento cliente-fornecedor interno. O único requisito necessário para preencher o questionário é ter como mínimo três meses continuados no cargo que estará representando. Considera-se esse tempo suficiente para familiarizar-se com as atividades do cargo e entender quais são os resultados esperados e os meios ou áreas de atuação para conseguir esses resultados.

## **Constituição da equipe de diagnóstico para consenso do módulo II do Questionário Diagnóstico**

Este estágio consiste na organização de uma equipe de diagnóstico multifuncional e multihierárquica composta por no mínimo cinco (5) pessoas e como máximo por dez (10) pessoas com capacidade de trabalho em processos participativos e visão crítica sobre suas áreas de responsabilidade.

O perfil necessário para formar parte da equipe é experiência e conhecimento sobre as atividades e resultados exigidos para o cargo exercido, e espírito participativo para alcançar consenso em grupo.

Equipe multifuncional e multihierárquica implica em que deve estar conformada por pessoas das seguintes áreas e hierarquias, não sendo necessário que todos os cargos estejam representados:

- Garantia da Qualidade
- Planejamento e Controle da Produção – PCP
- Desenvolvimento de Produtos
- Compras
- Vendas/marketing
- Direção Industrial
- Gerência Industrial
- Engenharia de Produção
- Supervisão de Produção

**Nota 1:** Todas as pessoas da equipe de diagnóstico para o consenso do Módulo II deverão responder o módulo I do Questionário (questionário Individual).

**Nota 2:** É responsabilidade do líder arquiteto garantir que a equipe de diagnóstico preencha individualmente o Módulo II do questionário e realizar um breve pré-consenso antes da visita dos facilitadores à empresa.

### **Preparação de documentação sobre medição de desempenho do sistema produtivo**

O líder arquiteto deve separar e organizar a documentação que a empresa tenha sobre medidas de desempenho do sistema de manufatura para ser usada durante a visita às instalações, isso aumentará a eficácia da visita a fábrica e acesso à documentação preparado para o primeiro dia de visita dos facilitadores.

### **Obtenção de apoio da gerência**

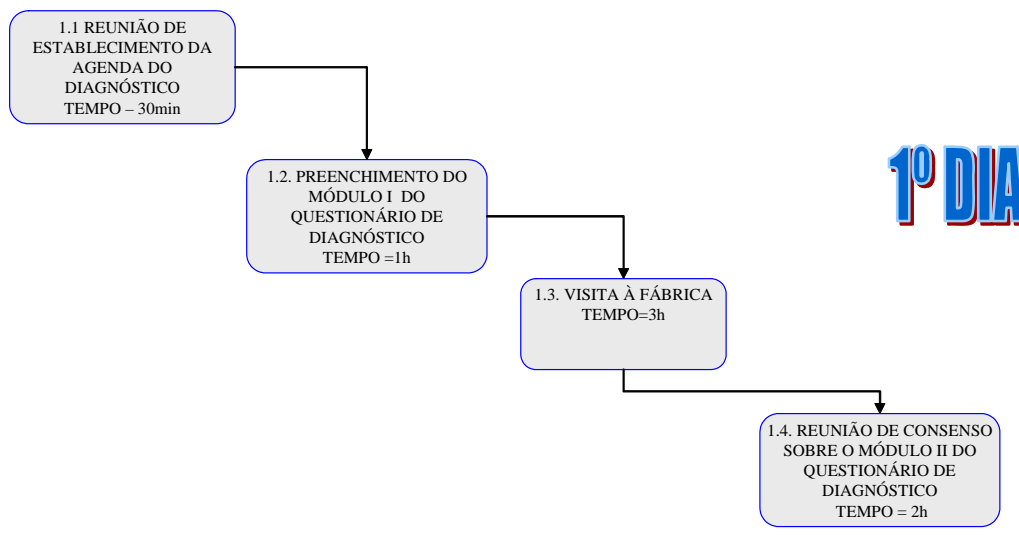
O líder também deverá conseguir o apoio da média e alta gerência se for necessário para tomar decisão e permitir as mudanças que venham a resultar úteis no sistema de medição de desempenho depois de analisados os resultados do processo de diagnóstico, caso se considere necessário. Isto é importante para não desmoralizar aos participantes do processo.

#### **B. Etapa II: O diagnóstico rápido**

Esta etapa já é com a presença dos facilitadores na empresa e está dividida em duas fases:

1. Primeiro dia de coleta de informação;
2. Segundo dia de apresentação de resultados.





**Figura 1. Atividades do primeiro dia**

Tudo inicia com a chegada dos facilitadores à empresa a primeira hora da manhã do dia combinado dando seqüência a uma série de atividades de levantamento de informação sobre o estado atual do sistema de medição de desempenho do sistema de manufatura.

Feita a devida apresentação ao líder arquiteto do diagnóstico, se procederá a uma breve explanação do objetivo da visita, agenda para o dia de trabalho e recepção da documentação sobre medição de desempenho da empresa, documentação que deve estar previamente preparada pelo líder arquiteto do processo na empresa.

A segunda atividade do dia é reunir em uma sala o grupo de pessoas que responderá o Módulo I do questionário. Depois de uma introdução à importância do trabalho, e uma breve explanação de como preencher o questionário, serão destinados 45 minutos para o seu preenchimento. Isto com a presença dos facilitadores na sala para salvar qualquer tipo de dúvida por parte dos respondentes.

A terceira etapa da visita está reservada para a reunião de consenso com a equipe escolhida para tal fim. Esta reunião foi preparada para não se estender por mais de duas (2) horas e serão analisadas algumas questões que dizem sobre a tecnologia de informação, a cultura, os procedimentos e práticas de medição de desempenho da empresa.

Para finalizar esse primeiro dia, a visita à fábrica para preenchimento por parte dos facilitadores de um *check-list* preparado para capturar os aspectos mais relevantes da medição de desempenho do sistema de manufatura por parte da empresa. Esta visita implica também em aceder a documentação sobre medidas de desempenho. O tempo previsto para tal fim é de duas (2) horas.

O segundo dia da aplicação do Diagnóstico DAPIU está reservado para a apresentação dos resultados no período da tarde. Esta apresentação está preparada para ser executada em duas (2) horas e devem estar presentes as pessoas da equipe de consenso, podendo estar presentes outras pessoas da empresa segundo critério do líder arquiteto. Em caso de ser considerada necessária uma visita à empresa para confirmar alguma informação levantada isto será feito no período da manhã (ver programa de atividades) com devida permissão do líder arquiteto do processo de diagnóstico. O período de tempo entre o primeiro e o segundo dia será definido entre os facilitadores e o líder arquiteto antes de iniciar o diagnóstico rápido e será função da complexidade do sistema de manufatura e o volume de informação a ser processado.

## Programa de atividades dos facilitadores ,materiais e método

Horário	Atividades	Materiais e participantes	Observações e materiais
<b>1º dia - Dia de consenso</b>			
8:00 – 8:30	Apresentação dos facilitadores e do procedimento para diagnóstico	Presença do líder da equipe	- Documentação sobre medição de desempenho na empresa
8:30 – 9:30	Preenchimento do Módulo I	Presença do grupo de respondentes do módulo I	- Sala com capacidade suficiente para atender aos respondentes - Projetor multimídia (datashow) - Canetas - Questionários impressos - Cartões de apresentação
9:30 – 12:30	Visita à fábrica	Acompanhamento por um responsável da empresa	- Lista de verificação para cada facilitador - Documentação sobre medição de desempenho
12:30 – 14:00	<b>Almoço</b>		
14:00 – 16:00	Reunião de consenso do Módulo II	Presença da equipe de consenso – Módulo II	- Questionários impressos entregues com antecedência - Sala de reunião
<b>Encerramento do dia de consenso</b>			
<b>2º Dia – Apresentação de resultados</b>			
9:00 – 12:00 (opcional)	Visita a pontos específicos da empresa e entrevistas	Acompanhamento por um responsável da empresa	Só se houver uma necessidade e prévio acordo com o líder arquiteto.
12:00 – 13:30	<b>Almoço</b>		
13:30 - 15:30	Apresentação de resultados	Presença de equipe a definir com o líder arquiteto	Sala com projetor multimídia
<b>Encerramento do Diagnóstico DAPIU</b>			

**Data da aplicação:**

**Facilitador(es): Adrián Lucero**

### C. Etapa III: Apresentação de relatório do Diagnóstico e possíveis linhas de ação

Depois de transcorridas aproximadamente duas semanas da apresentação de resultados do Diagnóstico Rápido DAPIU se entregará à empresa um relatório completo com as características observadas no sistema de medição de desempenho, pontos fortes e fracos, e possíveis linhas de ação para melhoria. O tempo de duas semanas é necessário para realizar a análise de possíveis soluções e abrangência inicial do desenvolvimento de novas medidas.

O relatório será apresentado em uma reunião para uma equipe de trabalho da empresa que devera ser definida pelo líder arquiteto e terá que ter poder de decisão para depois de discutidas as linhas a seguir para melhorar o Sistema de Medição de Desempenho se defina um plano de trabalho. Prévio a esta reunião será necessário visitar a empresa para observar pontos específicos do funcionamento do sistema que servirão como base ao conteúdo do relatório. Sendo todo devidamente coordenado com o líder arquiteto do Diagnóstico.

A reunião pode ser considerada como a pedra angular para o início de um desenvolvimento de medidas de desempenho que posam trazer melhoria visível à tomada de decisão dos gestores do sistema produtivo e melhore o dia-a-dia da linha de frente formada por supervisores e funcionários da produção, lugar onde tudo acontece.

Finalizada esta terceira etapa se termina a fase de Diagnóstico do método DAPIU, correspondente às letras “D” e “A” (**DAPIU**) da sigla do método. Se o grupo de trabalho da empresa considerar relevante e representativo da situação da empresa o Diagnóstico, assim como viável a linha de ação definida se poderá avançar nas seguintes três etapas do método para o projeto definido.

30/03/06  
ADRIÁN LUCERO

## APÊNDICE B

### **Questionário diagnóstico rápido: Módulo I**

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA  
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA MECÂNICA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA MECÂNICA (PPGEM)  
GRUCON - GETEQ

## ***QUESTIONÁRIO INDIVIDUAL – MÓDULO I***



## ***MEDIÇÃO DE DESEMPENHO DE SISTEMAS DE MANUFATURA***

Pesquisador: Adrián Guillermo Lucero, M. Eng.

Orientador: Prof. Abelardo Alves de Queiroz, Ph. D.

# Medição de Desempenho da Produção

Este questionário é uma ferramenta de diagnóstico sobre as práticas e usos de medidas de desempenho em sistemas de manufatura e forma parte das ferramentas criadas na pesquisa aberta sobre Gestão do Desempenho em Empresas de Manufatura no grupo GETEQ (Grupo de Gestão, Tecnologia e Qualidade de Sistemas produtivos).

Em caso de dúvidas, favor entrar em contato com:

Adrián Guillermo Lucero  
Universidade Federal de Santa Catarina - Centro Tecnológico  
Departamento de Engenharia Mecânica - UFSC  
Campus Universitário  
Trindade - Florianópolis  
88040-900 - Caixa postal 476 SC - Brasil  
Telefone: 48 3319387 R-220  
E-mail: [aglucero@grucon.ufsc.br](mailto:aglucero@grucon.ufsc.br)  
URL da home page: <http://www.geteq.ufsc.br/>

Muito obrigado por sua participação.

Atenciosamente,

Adrián Guillermo Lucero

## Ficha de dados gerais

Nome


Função


Endereço (endereço postal completo)


Telefone

Fax

(- )	(- )
------	------

## Fatores importantes para a produção

**Nota explicativa:** Este questionário foi projetado para você ter a oportunidade de colocar a importância relativa<sup>1</sup> para a empresa de cada fator apresentado, se esse fator se mede de acordo a sua importância e se essas medidas são eficazes para o dia-a-dia dentro da sua área de atuação na empresa.

Como exemplo, o primeiro fator que aparece na segunda coluna do questionário diz sobre a *confiabilidade dos produtos em operação*. Se você considera que esse é um fator de grande importância dentro da empresa, circule o número 5 na primeira coluna. Se a quantidade e representatividade das medidas de desempenho que existem para saber sobre o andamento do fator não se condizem totalmente com a importância que este tem para a empresa, porém está representado por medidas conhecidas e visíveis na empresa circule um 4 na terceira coluna. Finalmente, se ao seu entender as medidas existentes dão pouco suporte à melhoria e controle diário da gestão, e não favorecem a tomada de decisão nas revisões críticas de desempenho para esse importante fator circule 1 na última coluna do questionário.

Importância do fator para a empresa					FATOR	A empresa mede de acordo com essa importância?					Quão eficazes são as medidas para a gestão da manufatura?				
Nenhuma → Grande						Não → Sim					Pouco → Muito				
1	2	3	4	5	Confiabilidade dos produtos em operação	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
1	2	3	4	5	Qualidade interna (refugos e re-trabalhos)	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
1	2	3	4	5	Custos da não qualidade interna	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
1	2	3	4	5	Custos de garantia (pós-venda)	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
1	2	3	4	5	Controle da variação dos processos	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
1	2	3	4	5	Tempos de ciclo da produção (leadtimes)	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
1	2	3	4	5	Tempos de operação (em cada tarefa)	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
1	2	3	4	5	Produtividade	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
1	2	3	4	5	Utilização da capacidade da fábrica	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
1	2	3	4	5	Tempo de paradas por manutenção	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
1	2	3	4	5	Entregas no prazo	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
1	2	3	4	5	Satisfação dos funcionários	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
1	2	3	4	5	Grupos de trabalho em melhorias	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5

<sup>1</sup> Observe que dificilmente todos os fatores sejam igualmente importantes (ex.: nota máxima 5), por isso utilize os diferentes níveis da escala da primeira coluna para valorizar a importância relativa entre diferentes fatores.

1	2	3	4	5	Satisfação dos clientes com o produto	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
1	2	3	4	5	Satisfação dos clientes com o serviço pós-venda	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
1	2	3	4	5	Flexibilidade de mix de produtos	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
1	2	3	4	5	Flexibilidade de entrega	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
1	2	3	4	5	Volumes de produção	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
1	2	3	4	5	Atendimento da programação	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
1	2	3	4	5	Capacidade de inovação	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
1	2	3	4	5	Controle de estoques	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
1	2	3	4	5	Relacionamento com fornecedores	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
1	2	3	4	5	Velocidade no desenvolvimento de novos produtos--DNP	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
1	2	3	4	5	Participação de fornecedores e clientes no DNP	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
1	2	3	4	5	Custo dos produtos	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
1	2	3	4	5	Automação (implantação / implantada)	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
1	2	3	4	5	Segurança no trabalho	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
1	2	3	4	5	Poluição e Resíduos	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5

Acrescente outros fatores importantes para seu trabalho e justifique (se considerar necessário):

Para os casos que você entendeu como mais desfavoráveis, favor explicar as razões que o levaram a colocar uma baixa pontuação na coluna. Acrescente princípios de solução nesse sentido se considerar conveniente (se necessário solicite uma folha adicional em branco):



## Seu Desempenho

Escolha para cada frequência de tempo os fatores da lista anterior pelos quais você acredita ser avaliado e comente o por quê dessa escolha:

<b>1. Diariamente</b>	
<b>2. Semanalmente</b>	
<b>3. Mensalmente</b>	
<b>4. Semestralmente</b>	
<b>5. Anualmente</b>	

Obrigado pela sua participação!

## APÊNDICE C

### **Questionário diagnóstico rápido: Módulo II**

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA  
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA MECÂNICA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA MECÂNICA (PPGEM)  
GRUCON - GETEQ

## ***QUESTIONÁRIO PARA CONSENSO – MÓDULO II***



## ***MEDIÇÃO DE DESEMPENHO DE SISTEMAS DE MANUFATURA***

Pesquisador: Adrián Guillermo Lucero, M. Eng.

Orientador: Prof. Abelardo Alves de Queiroz, Ph. D.



## Perfil da Empresa

Nas duas páginas seguintes apresentam-se questões sobre características gerais da empresa. Cada questão pede um posicionamento global para a empresa. Em qualquer caso avalie a empresa segundo uma média ponderada de seus produtos e processos principais.

**Produto, Mercado e Estratégia:** Marque com (x) a opção que mais se ajusta à realidade dos últimos 24 meses.

<b>PME 1</b>	<b>Volume de Vendas</b>	Em declínio	Estável	Em crescimento
<b>PME 2</b>	<b>Linhas de Produtos</b>	Em declínio	Estável	Em crescimento
<b>PME 3</b>	<b>Padronização da especificação dos produtos</b>	Baixa	Média	Alta
<b>PME 4</b>	<b>Estágio do ciclo de vida dos produtos principais</b>	Introdução	Crescimento	Maturidade
<b>PME 5</b>	<b>Utilização da capacidade da fábrica</b>	Em declínio	Estável	Em crescimento

Nos seus principais mercados, quais os fatores competitivos mais importantes, distribua 100 pontos entre os seis fatores para mostrar sua importância (a empresa conta com pesquisas dos clientes que confirmem esse sentimento?):

<b>Código</b>	<b>Fatores Competitivos</b>	<b>Pontos</b>	<b>Presença de dados do cliente (especifique as fontes)</b>
<b>PME 6</b>	<b>Preço baixo</b>		
<b>PME 7</b>	<b>Qualidade do Produto</b>		
<b>PME 8</b>	<b>Rapidez na entrega</b>		
<b>PME 9</b>	<b>Entrega confiável</b>		
<b>PME 10</b>	<b>Produtos inovadores / Design</b>		
<b>PME 11</b>	<b>Produtos customizados à performance exigida pelo cliente</b>		

Na sua empresa, quais os fatores considerados estratégicos para o sistema de manufatura:

<b>PME 12</b>	<b>Baixo custo de produção</b>	Discordo	Discordo parcialmente	Concordo parcialmente	Concordo	
<b>PME 13</b>	<b>Qualidade do Produto</b>	Discordo	Discordo parcialmente	Concordo parcialmente	Concordo	
<b>PME 14</b>	<b>Rapidez na entrega</b>	Discordo	Discordo parcialmente	Concordo parcialmente	Concordo	
<b>PME 15</b>	<b>Flexibilidade na entrega</b>	Discordo	Discordo parcialmente	Concordo parcialmente	Concordo	
<b>PME 16</b>	<b>Confiabilidade na entrega</b>	Discordo	Discordo parcialmente	Concordo parcialmente	Concordo	
<b>PME 17</b>	<b>Produtos inovadores / Design</b>	Discordo	Discordo parcialmente	Concordo parcialmente	Concordo	
<b>PME 18</b>	<b>Customização de Produtos à performance exigida</b>	Discordo	Discordo parcialmente	Concordo parcialmente	Concordo	
<b>PME 19</b>	<b>Satisfação e motivação dos funcionários</b>	Discordo	Discordo parcialmente	Concordo parcialmente	Concordo	
<b>PME 20</b>	<b>Relacionamento com os fornecedores</b>	Discordo	Discordo parcialmente	Concordo parcialmente	Concordo	
<b>PME 21</b>	<b>Rapidez no desenvolvimento de novos produtos</b>	Discordo	Discordo parcialmente	Concordo parcialmente	Concordo	
<b>PME 22</b>	<b>Alta automação</b>	Discordo	Discordo parcialmente	Concordo parcialmente	Concordo	
<b>PME 23</b>	<b>Responsabilidade pelo meio-ambiente</b>	Discordo	Discordo parcialmente	Concordo parcialmente	Concordo	
<b>PME 24</b>	<b>Excelência no serviço pós-venda</b>	Discordo	Discordo parcialmente	Concordo parcialmente	Concordo	

A sua empresa já trabalha com um modelo de desempenho formalizado?  
(Ex.: SMART, BSC, PRISM ou desenvolvido internamente)  
Qual?  
(Descreva brevemente ao lado)

## Questionário por consenso

**Nota explicativa:** nas páginas seguintes você será solicitado a posicionar sua empresa em cada um dos cenários descritos para cada questão apresentada.

As questões seguem o formato mostrado na figura desta página. Sempre estabeleça uma posição média para os principais processos e produtos do sistema de manufatura sob diagnóstico, pois pode acontecer que algum setor esteja mais avançado que outro. Quando o sistema de manufatura estiver em uma situação intermediária entre dois cenários descritos, posicione-o no espaço reservado entre os cenários para essa situação intermediária.

Se a questão não foi totalmente entendida não se preocupe, a resposta definitiva será alcançada numa reunião de consenso junto a uma equipe de trabalho de sua empresa e facilitadores da Universidade Federal de Santa Catarina.

Utilize o campo observações para relatar considerações que possam ajudar a encontrar uma pontuação de consenso justa.

<i>Código</i>	Nome Questão	Questão		
Cenário 1		Cenário 2		Cenário 3
Descrição 1	Descrição 2	Descrição 3		Cenário 2
	<i>Esta descrição é a mais apropriada à realidade de sua empresa</i>			
Observações:				

Q1	Cultura de gestão por fatos	A cultura de gestão de uma empresa é muito marcada pela sua história. Qual a importância atual e passada que para a sua empresa tem a medição de desempenho? É vista como uma maneira de ter mais informação sobre a realidade da empresa ou como uma maneira de gerenciar melhor? Foram introduzidos projetos de melhoria da medição de desempenho? Qual a experiência com prêmios de qualidade? E com <i>benchmarking</i> ? A empresa já trabalhou com o modelo de gestão PNQ?		
Cenário 1		Cenário 2	Cenário 3	
Gestores não têm a função de medir e sim de agir. Projetos em medição de desempenho foram introduzidos e seus resultados não são claros.		Reconhecimento recente da importância da medição para uma melhor ação. Contato com PNQ e outros modelos de desempenho que exigem levantamento de dados.	Forte cultura de desempenho e gestão por fatos demonstráveis. PNQ ou modelo equivalente utilizado. Benchmarking forma parte da estratégia para a manufatura. Melhorar a medição é uma forma de melhorar a gestão.	
Observações:				

Q2	Integração departamental	Qual a estrutura organizacional da empresa? Prestar atenção à estrutura para a produção. Analisar o grau de integração entre departamentos e a abordagem por processos dentro da empresa.		
Cenário 1		Cenário 2	Cenário 3	
Silos departamentais e escassa coordenação central.		Visão horizontal. Integração interdepartamental principalmente através de projetos. Desconhecimento das necessidades dos clientes internos e externos para cada departamento.	Gestão por processos. A produção identifica perfeitamente seus clientes e fornecedores. Tempo de gestão é planejado para aprofundar o relacionamento interno e com stakeholders..	
Observações:				

Q3	Estratégia para a produção	Como é feito o planejamento para a produção? Contempla a tradução dos objetivos das unidades de negócio para a produção? Desdobra estes objetivos para as diferentes áreas de decisão, de forma a alinhá-las com os objetivos para os processos? Diz claramente quais são as prioridades de melhoria para o horizonte de planejamento? Qual o horizonte de planejamento?		
Cenário 1		Cenário 2		Cenário 3
O plano é difuso. Se existe não é comunicado para os gestores da produção ou não é bem entendido.		Planos de curto horizonte (1 ano) basicamente com os objetivos de volume e custos.		Para um horizonte de planejamento de até 5 anos se desdobra o perfil de competências, os investimentos em capacidade e as prioridades estratégicas para alcançar excelência operacional.
Observações:				

Q4	Contribuição da produção à estratégia	O posicionamento estratégico da produção dentro da empresa diz muito sobre a importância dada a este macro-processo e sua possível contribuição à estratégia da empresa. O intuito desta questão é avaliar esse posicionamento. Qual a importância da produção dentro da empresa? A contribuição se destaca por sobre outros macro-processos? (ex.; vendas, desenvolvimento de novos produtos, etc.)		
Cenário 1		Cenário 2		Cenário 3
Manufatura é um empecilho para a estratégia da empresa. A estratégia é apagar da melhor maneira possível os incêndios que certamente aparecerão.		Preocupação por trazer práticas do setor com sucesso comprovado em empresas reconhecidas. A busca por essas práticas é prioridade para a empresa já que é vista como uma arma estratégica.		Melhores práticas do setor implantadas e aperfeiçoadas, marcando tendências do setor. Produção é vista como a competência principal da empresa.
Observações:				



<b>Q5</b>	<b>Participação dos empregados na melhoria contínua</b>	Funcionários estão organizados em equipes de trabalho que transcendem as barreiras setoriais? Programas de sugestões são ativamente fomentados? Quantas sugestões por pessoa são levantadas?						
<table border="1"> <thead> <tr> <th>Cenário 1</th><th>Cenário 2</th><th>Cenário 3</th></tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Equipes inexistentes.</td><td>Mais de 25% dos funcionários em equipes de trabalho para melhoria contínua focada na qualidade e produtividade. Número de sugestões não é levantado.</td><td>Mais de 50% dos funcionários trabalhando em equipes, inclusive multisetoriais. Número de sugestões por equipes e por empregados medida.</td></tr> </tbody> </table>			Cenário 1	Cenário 2	Cenário 3	Equipes inexistentes.	Mais de 25% dos funcionários em equipes de trabalho para melhoria contínua focada na qualidade e produtividade. Número de sugestões não é levantado.	Mais de 50% dos funcionários trabalhando em equipes, inclusive multisetoriais. Número de sugestões por equipes e por empregados medida.
Cenário 1	Cenário 2	Cenário 3						
Equipes inexistentes.	Mais de 25% dos funcionários em equipes de trabalho para melhoria contínua focada na qualidade e produtividade. Número de sugestões não é levantado.	Mais de 50% dos funcionários trabalhando em equipes, inclusive multisetoriais. Número de sugestões por equipes e por empregados medida.						
<b>Observações:</b>								

<b>Q6</b>	<b>Procedimentos e instruções para a operação</b>	ISO 9001 deve estar implementada, atualizada e evidenciada seu funcionamento para pontuar no cenário 3 nesta questão. Como é feita a gestão da rotina do trabalho?						
<table border="1"> <thead> <tr> <th>Cenário 1</th><th>Cenário 2</th><th>Cenário 3</th></tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Instruções padrão para atividades rotineiras. Escassa documentação.</td><td>ISO 9001:2000 implementada ou em implementação. Procedimentos documentados e melhorados continuamente para lidar com problemas não rotineiros. Sistema de padronização da rotina estabelecida.</td><td>Roteiro determinado para criação, uso, avaliação e melhoria dos procedimentos. Ritmo de produção é uma forte preocupação. Amplo envolvimento da força de trabalho na criação e reestruturação de procedimentos.</td></tr> </tbody> </table>			Cenário 1	Cenário 2	Cenário 3	Instruções padrão para atividades rotineiras. Escassa documentação.	ISO 9001:2000 implementada ou em implementação. Procedimentos documentados e melhorados continuamente para lidar com problemas não rotineiros. Sistema de padronização da rotina estabelecida.	Roteiro determinado para criação, uso, avaliação e melhoria dos procedimentos. Ritmo de produção é uma forte preocupação. Amplo envolvimento da força de trabalho na criação e reestruturação de procedimentos.
Cenário 1	Cenário 2	Cenário 3						
Instruções padrão para atividades rotineiras. Escassa documentação.	ISO 9001:2000 implementada ou em implementação. Procedimentos documentados e melhorados continuamente para lidar com problemas não rotineiros. Sistema de padronização da rotina estabelecida.	Roteiro determinado para criação, uso, avaliação e melhoria dos procedimentos. Ritmo de produção é uma forte preocupação. Amplo envolvimento da força de trabalho na criação e reestruturação de procedimentos.						
<b>Observações:</b>								

<b>Q7</b>	<b>Controle de fatores críticos (CEP)</b>	A habilidade da operação para identificar seus problemas antes que apareçam e corrigi-los definitivamente cada vez em que aparecem é essencial para obter vantagem competitiva para a empresa. Como são feitos a medição e registro da variabilidade destes fatores do processo? O controle estatístico de processo (CEP) é empregado? Para pontuar 2 ou mais tem que ter CEP implementado para os fatores mais importantes da manufatura.						
<table border="1"> <thead> <tr> <th>Cenário 1</th><th>Cenário 2</th><th>Cenário 3</th></tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Parâmetros críticos do processo não identificados. CEP não utilizado. Não se sabe a variabilidade do processo.</td><td>Fatores críticos reconhecidos. Algumas medidas disponíveis, mas de natureza histórica. Processos sob controle e a variabilidade é conhecida.</td><td>Fatores reconhecidos e claramente definidos. Medidas de tipo preditivas disponíveis para a maioria deles. Medidas atreladas aos objetivos de melhoria da empresa.</td></tr> </tbody> </table>			Cenário 1	Cenário 2	Cenário 3	Parâmetros críticos do processo não identificados. CEP não utilizado. Não se sabe a variabilidade do processo.	Fatores críticos reconhecidos. Algumas medidas disponíveis, mas de natureza histórica. Processos sob controle e a variabilidade é conhecida.	Fatores reconhecidos e claramente definidos. Medidas de tipo preditivas disponíveis para a maioria deles. Medidas atreladas aos objetivos de melhoria da empresa.
Cenário 1	Cenário 2	Cenário 3						
Parâmetros críticos do processo não identificados. CEP não utilizado. Não se sabe a variabilidade do processo.	Fatores críticos reconhecidos. Algumas medidas disponíveis, mas de natureza histórica. Processos sob controle e a variabilidade é conhecida.	Fatores reconhecidos e claramente definidos. Medidas de tipo preditivas disponíveis para a maioria deles. Medidas atreladas aos objetivos de melhoria da empresa.						
<b>Observações:</b>								

<b>Q8</b>	<b>Processo participativo para estabelecer metas de desempenho</b>	Neste caso a questão central é ver o rol do gestor em desenvolver um ambiente propício para comunicação de resultados e destruição da barreira do medo dentro da empresa. Quanto tempo é gasto pela gerência em desenvolver ambiente participativo? Como as metas são desdobradas segundo este conceito? Leve em consideração que o ambiente participativo deve ser fomentado para todos os níveis hierárquicos e, de fato, é mais importante para a operação e a supervisão de que para outros níveis.						
<table border="1"> <thead> <tr> <th>Cenário 1</th><th>Cenário 2</th><th>Cenário 3</th></tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Não há processo participativo na definição de metas. Penalidades por não atendimento de metas são freqüentes.</td><td>Processo participativo para estabelecimento de metas e objetivos departamentais. Mecanismos para comunicação de resultados.</td><td>Compromisso com processo participativo para estabelecimento de metas e objetivos da produção. Autonomia para as equipes colocarem suas metas e prêmios a partir de diretrizes baseadas em necessidades dos clientes.</td></tr> </tbody> </table>			Cenário 1	Cenário 2	Cenário 3	Não há processo participativo na definição de metas. Penalidades por não atendimento de metas são freqüentes.	Processo participativo para estabelecimento de metas e objetivos departamentais. Mecanismos para comunicação de resultados.	Compromisso com processo participativo para estabelecimento de metas e objetivos da produção. Autonomia para as equipes colocarem suas metas e prêmios a partir de diretrizes baseadas em necessidades dos clientes.
Cenário 1	Cenário 2	Cenário 3						
Não há processo participativo na definição de metas. Penalidades por não atendimento de metas são freqüentes.	Processo participativo para estabelecimento de metas e objetivos departamentais. Mecanismos para comunicação de resultados.	Compromisso com processo participativo para estabelecimento de metas e objetivos da produção. Autonomia para as equipes colocarem suas metas e prêmios a partir de diretrizes baseadas em necessidades dos clientes.						
<b>Observações:</b>								

Q9	Sistemas de premiação e recompensas	Recompensas e prêmios a grupos de trabalho e desempenho individual excepcional promovem e reforçam bom trabalho e se bem projetados elevam o comprometimento e motivação dos funcionários. Como a empresa avalia e retorna os resultados para os funcionários? Quais os desempenhos premiados?		
Cenário 1		Cenário 2		Cenário 3
Não tem <i>feedback</i> . Ocasionalmente se premiam maus serviços.		Reconhecimento de funcionários quando excedem as metas de volume e/ou produtividade no seu posto de trabalho.		Prêmios para equipes de trabalho promovendo a integração e sentimento de equipe dos funcionários. Premiam-se bons desempenhos individuais em total consonância com as diretrizes de desempenho. Premiação pública das melhores sugestões de melhoria.
Observações:				

Q10	Sistemas de gestão integrados	Os sistemas de gestão são os sistemas computacionais encarregados de modificar, manipular e apresentar a informação para os tomadores de decisão. Eles são usados principalmente no planejamento e controle em atividades como gestão de estoques, programação, previsão da demanda. A integração destes sistemas numa plataforma única é muito importante para garantir a mesma fonte de dados. Como isto é gerenciado na sua empresa? Qual a plataforma existente? ERP: <i>Enterprise Resource Planning</i> – Planejamento dos recursos da organização		
Cenário 1		Cenário 2		Cenário 3
Algum sistema usado, porém não se tem plataforma integrada.			Plataforma ERP comum dos dados com alguns sistemas gerenciais rodando. Muitos sistemas paralelos ao ERP por falta de confiança ou atendimento das necessidades dos usuários.	Sistemas gerenciais confiáveis que tratam dados da plataforma comum ERP e usados normalmente para fazer projeções futuras confiáveis. Sistema de medição de desempenho incluído na plataforma.
Observações:				

Q11	Sistema de informação flexível	O sistema de gestão é um sistema de informação. Nesta questão se pergunta pelo domínio da tecnologia por trás do sistema e sua flexibilidade de resposta, tanto para a coleta de novas informações, a integração de outros subsistemas e os formatos de relatório. O sistema de informação para o sistema de manufatura pode ser considerado flexível?		
	Cenário 1	Cenário 2	Cenário 3	
Barreiras no uso e escasso conhecimento de como introduzir mudanças.		Entendimento das potencialidades do sistema e uso efetivo. Mudanças do sistema, até as pequenas podem ser realizadas só com presença de especialistas.	Sistema de informação maduro e flexível. Usuários de todos as hierarquias têm autoridade e conhecimento para fazer as modificações necessárias quando considerar adequado.	
Observações:				

Q12	Acesso à informação	Esta questão verifica, dentro da empresa, a facilidade de transmissão e acesso a informações por parte da produção (isto é, não somente para fins de projeto e desenvolvimento). Ilhas de informação, sistemas muito diferentes, interfaces não integradas, reajuste de dados entre os sistemas não representam sistemas integrados. A pergunta aqui é: quais as interfaces dos sistemas computacionais da empresa? Considera que facilita disseminação da informação? EDI: <i>Electronic Data Interchange</i> – Troca eletrônica de dados. BoM: <i>Bill of Materials</i> – Lista de materiais.		
Cenário 1		Cenário 2		Cenário 3
Comunicações desconexas com formatos incompatíveis e múltiplos meios de comunicação. Comunicações externas em papel são maioria.		Troca de dados dentro da empresa em aumento. Início de EDI para texto ou documentação com principais fornecedores ou clientes.		Alto grau de troca de dados através da maioria das ferramentas integradas num ERP e com uma lista de materiais (BoM) comum. Sem barreiras no uso por parte de pessoas de todos os níveis e funções.
Observações:				

Q13	Coleta de dados em chão de fábrica	Esta questão é importante para a medição de desempenho porque a forma de coletar informação onde os eventos realmente acontecem condicionará diretamente a confiabilidade na informação que se dispõe. OCR: <i>Optical Character Recognition</i> – Reconhecimento óptico de caracteres.		
Cenário 1		Cenário 2		Cenário 3
Na base do papel com procedimentos informais.		Coleta amplamente procedimentada na base do papel para agregação e análise em computador.		Computador integrado em todo o chão de fábrica e informação em tempo real sem precisar de entrada manual de dados. Código de barras, OCR, e outros dispositivos automatizados de coleta de dados em pontos críticos.
Observações:				

Q14	Desenvolvimento de indicadores	Quais os principais indicadores de desempenho para o sistema de produção? Como os principais indicadores de desempenho são classificados, integrados e correlacionados? Apresentar os principais indicadores do desempenho.		
Cenário 1		Cenário 2		Cenário 3
Indicadores de custos diretos e indiretos, assim como produtividade da força de trabalho.		Alguns indicadores de processos, custos e qualidade, porém sem relacionamento formal.		Indicadores desdobrados da estratégia para atender as necessidades dos clientes e para os critérios da excelência operacional: qualidade, flexibilidade, velocidade, entrega e custos. Relacionados, formalizados e disseminados. Separação entre indicadores de resultados e direcionadores.
Observações:				

Q15	Desdobramento de metas	Como são estabelecidas as metas de curto e longo prazo? Destacar de que forma são considerados os desempenhos projetados dos concorrentes e dos demais referenciais utilizados? Apresentar as metas de curto e longo prazo dos principais indicadores de desempenho. Como os indicadores de desempenho e as metas são comunicados à força de trabalho e às demais partes interessadas?		
Cenário 1		Cenário 2		Cenário 3
Algumas metas de resultados para a produção, baseadas em volume e orçamento.		Metas desdobradas para os principais critérios estratégicos da produção.		Metas e itens de verificação para todos os critérios de desempenho relevantes desdobradas por processos, negociadas hierarquicamente e com tratamento de possíveis conflitos entre departamentos.
Observações:				

Q16	Gestão à vista	A disseminação de informação no chão de fábrica, se bem feita, contribui com a motivação, o sentimento de utilidade e o compromisso dos funcionários com seu trabalho. Também fornece foco a toda a organização. Os quadros de gestão à vista devem ser entendidos rapidamente e fornecer informação sobre o passado, presente e futuro dos fatores de interesse. Qual o status da Gestão à Vista?	
Cenário 1		Cenário 2	Cenário 3
Quadros isolados por iniciativa de grupos ou equipes.		Quadros com metas de volume de produção formalizados por todo o sistema de manufatura. Quadros de desempenho com informação da visão da empresa, objetivos alcançados e como os diferentes setores estão contribuindo ao desempenho.	Clientes e fornecedores encontram informação relevante para sua gestão. No mesmo quadro aparecem as medidas, ações, implementação de ações e responsáveis pelas medidas.
Observações:			

<b>Q17</b>	<b>Análise crítica baseada em fatos</b>	Como é analisado o desempenho da produção? As estratégias e os planos de ação são revisados? Como os indicadores do desempenho ajudam nesta revisão? Como são comunicadas as decisões da análise crítica do desempenho a todos os níveis da organização e a outras partes interessadas, quando pertinente? Como é acompanhada a implementação das ações decorrentes da análise crítica do desempenho global? Qual a frequência utilizada para os diferentes tipos de indicadores?		
<b>Cenário 1</b>		<b>Cenário 2</b>	<b>Cenário 3</b>	
Análise informal quando circunstâncias o exigem. Uso ocasional de indicadores nas análises.		Reuniões entre gerentes e supervisores semestrais a anuais para comunicação de resultados e avanços na implementação da estratégia. Espaço para a apresentação de indicadores.	Reuniões com frequências semanal a mensal para análise e melhoria da produção por meio de medidas de resultados da produção e medidas direcionadoras de ação.	
<b>Observações:</b>				

<b>Q18</b>	<b>Procedimento de revisão do sistema de medição do desempenho</b>	Para poder revisar e a manter atualizado o SMD da empresa é necessário além de um procedimento claro com seus responsáveis definidos a capacitação necessária das pessoas que lidam com as medidas de desempenho para provocar uma melhoria pró-ativa das medidas. No caso das medidas para o sistema de manufatura é necessário um alinhamento com a estratégia da empresa. Como isto é feito na empresa, e no sistema de manufatura?		
<b>Cenário 1</b>		<b>Cenário 2</b>	<b>Cenário 3</b>	
Inexistência de procedimento. Ocasionalmente alguma modificação em função de mudanças de posicionamento estratégico ou crises.		Procedimento formalmente estabelecido para revisão das medidas. Participação da alta direção e abordagem <i>top-down</i> . Carência de habilidades para modificar as medidas por parte da supervisão e funcionários.	Funcionários de todas as hierarquias com domínio sobre suas medidas, autoridade e habilidade para modificá-las se necessário. Procedimento e canais para sugestões de modificação claramente definidos e comunicados.	
<b>Observações:</b>				

Obrigado pela sua participação!

## APÊNDICE D

### **Lista de verificação diagnóstico rápido: Módulo III**

Indicador	Medição			Uso		Disseminação		Qualidade*			Observações
	Não	Pontos críticos	Amplamente	Ocasionalmente	Regularmente	Restrita	Amplamente	Baixa	Média	Alta	
Parâmetros técnicos principais											Avaliar CEP aqui
Prazo de entrega aos clientes											
Prazo de entrega dos fornecedores											
Segurança e satisfação dos funcionários											
Resíduos											
Refugos											
Retrabalho											
Custos de refugo e retrabalho											
Falha em uso dos produtos											
DPMO interno											
Tempo de DNP											
Tempos de setup											
Tempos de operação											
Lead time de produção											
Eficiência e disponibilidade dos equipamentos											
Estoques											
Volume de produção											
Utilização dos equipamentos em chão de fábrica											
Produtividade dos recursos											
Participação de fornecedores e clientes no DNP											
Atendimento da programação											
Flexibilidade de entrega											
Flexibilidade de mix											
Satisfação dos clientes com pós-venda											
Trabalho em equipe											
Inovação (sugestões)											
<b>Total Geral</b>											

Data:

Facilitador:

\* A qualidade deve ser avaliada em função dos elementos gráficos, da preocupação com a variabilidade da medida e da clareza na definição dos elementos da medida

## APÊNDICE E

### **Ficha avaliação do Método DAPIU**

## AVALIAÇÃO DO MÉTODO DE DESENVOLVIMENTO DE NOVAS MEDIDAS



Com o objetivo de aprimorar e melhorar futuramente o método de desenvolvimento de medidas de desempenho em empresas de manufatura, solicitamos sua avaliação respeito ao processo inteiro de desenvolvimento. Por favor, responda as seguintes perguntas:

Assunto	Tópico		Deficiente	Regular	Adequado	Muito bom
<b>Diagnóstico</b>	1	Velocidade de levantamento dos dados				
	2	Abrangência de aspectos avaliados				
	3	Fomento de motivação para a mudança				
	4	Clareza na identificação da necessidade da empresa				
	5	Concordância com os resultados apresentados				
<b>Liderança</b>	6	Escolha das lideranças para o processo de mudança				
	7	Desenvolvimento da visão para o processo de mudança				
	8	Comprometimento com o processo de mudança				
<b>Alinhamento</b>	9	Foco nos problemas principais do sistema de manufatura				
	10	Alinhamento das medidas projetadas para criar foco na ação				
<b>Comunicação</b>	11	Comunicação do ponto de partida e objetivo				
	12	Comunicação durante o processo de transformação				
	13	Coleta de feedback por parte do facilitador				
	14	Divulgação dos resultados				
<b>Projeto</b>	15	Processo de desenvolvimento com os donos definidos				
	16	Entendimento das ferramentas de apoio				
	17	Satisfação geral dos donos das medidas com as suas medidas				
<b>Motivação</b>	18	Tratamento dos obstáculos que bloquearam o desenvolvimento				
	19	Atribuição de responsabilidades para cada ator do processo				
<b>Participação</b>	20	Condução do processo participativo				
	21	Atenção aos receios manifestados pelos diferentes atores				
<b>Infraestrutura</b>	22	Alocação de pessoas às equipes de transformação				
	23	Criação de disponibilidade de tempo para os participantes				
	24	Definição clara da estrutura para transformação				
<b>Implementação</b>	25	Adequação entre tecnologia e necessidade dos gestores				
	26	Organização dos trabalhos de coleta de dados				
	27	Velocidade de implementação				
<b>Planejamento</b>	28	Definição e comunicação de cronograma para a transformação				
	29	Escolha do momento de iniciação da transformação				
<b>Treinamentos</b>	30	Compartilhamento de conhecimentos				
	31	Treinamento em novas ferramentas				
<b>Revisão crítica</b>	32	Definição clara do procedimento de revisão do desempenho				
	33	Clareza de como serão usadas as medidas no futuro				
	34	Percepção de valor das medidas desenvolvidas				

<b>Deficiente</b>	Desenvolvimento falhou neste quesito e isto comprometeu inteira ou parcialmente os resultados.
<b>Regular</b>	Houve preocupação neste quesito, porém não foi suficiente e afetou parcialmente os resultados.
<b>Adequado</b>	Desenvolvimento foi bem sucedido neste quesito e os resultados não foram comprometidos.
<b>Muito bom</b>	Desenvolvimento foi bem sucedido neste quesito e isto alavancou os resultados finais.



## AVALIAÇÃO DO MÉTODO DE DESENVOLVIMENTO DE NOVAS MEDIDAS



Em relação ao resultado geral do desenvolvimento, qual é sua avaliação?

- ☐ Superou minhas expectativas
- ☐ Atendeu completamente minhas expectativas
- ☐ Atendeu parcialmente minhas expectativas
- ☐ Não atendeu minhas expectativas

Ao seu entender, quais os tópicos mais importantes para um correto desenvolvimento do método?

---

---

---

---

---

---

---

---

Críticas e sugestões para melhorar o método de desenvolvimento

---

---

---

---

---

## APÊNDICE F

**Identidade das medidas de desempenho desenvolvidas no estudo de campo**

Ficha de registro da medida de desempenho		LTM
Nome	Lead Time da Manufatura	
Propósito	É a maneira de saber a velocidade de transformação do sistema produtivo e a porta de entrada a qualquer programa de manufatura enxuta.	
Definição	Tempo médio entre início e fim da manufatura para um produto, família de produtos ou todos os produtos da empresa.	
Fórmula	LTM = Tempo médio em chão de fábrica [hs]	
Meta	Igual ao tempo de processamento líquido	
Frequência de medição	Mensal	
Fonte de dados	PCP ou Supervisão de produção	
Responsável pela coleta	Coordenador PCP ou Supervisores	
Responsável pela ação	Gerência Industrial	
Comentários	Esta medida pode ser calculada indiretamente em função dos estoques em processo circulantes pelo sistema produtivo.	

Ficha de registro da medida de desempenho		OEE
<b>Nome</b>	Efetividade total do equipamento	
<b>Propósito</b>	Esta medida é utilizada para saber o grau de eficiência e eficácia no uso do equipamento. Esta é uma medida composta que traz muita informação sobre o estado atual dos equipamentos. Leva em consideração a disponibilidade do equipamento, pequenas perdas de ritmo na operação e a qualidade dos produtos do processo.	
<b>Definição</b>	<p>OEE é calculada a partir de três elementos: a taxa de disponibilidade que mede as paradas causadas por falhas no equipamento e por ajustes em percentual respeito ao tempo programado; a taxa de desempenho que mede as paradas relativas à velocidade de operação (pequenas paradas que quebram ritmo). Por último a taxa de qualidade que mede as perdas causadas pelo processamento de peças refugadas e o retrabalho em porcentagem do total de peças produzidas.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Disponibilidade é definido como (Tempo planejado de operação – Tempo sem operar)/ Tempo planejado de operação.</li> <li>• Desempenho é definida como Número de peças produzidas/Número de peças planejadas</li> <li>• Taxa de Qualidade é definida como (Número de peças produzidas – Número de peças refugadas ou a retrabalhar)/ Número de peças produzidas</li> </ul>	
<b>Fórmula</b>	OEE = Disponibilidade x Desempenho x Taxa de qualidade [%]	
<b>Meta</b>	OEE ≥ 85%	
<b>Frequência de medição</b>	Diária a Semanal (sobre o mesmo equipamento).	
<b>Fonte de dados</b>	PCP, Métodos e processos ou Supervisão da produção.	
<b>Responsável pela coleta</b>	Métodos e processos	
<b>Responsável pela ação</b>	Gerência Industrial e Métodos e processos.	
<b>Comentários</b>	O OEE traz informação sobre seis grandes perdas, falhas, ajustes, pequenas paradas, velocidade e operação, refugo e retrabalho. Pode ser agregada para obter uma média de todo o sistema de manufatura.	

Ficha de registro da medida de desempenho		OTIF
<b>Nome</b>	Atendimento em Prazo do Pedido Perfeito	
<b>Propósito</b>	<p>A medida objetiva saber como se está atendendo aos principais clientes da produção - dimensão serviço - por meio do percentual de pedidos completos entregues no prazo acordado com o cliente.</p> <p>Também é usada para avaliar aos fornecedores da empresa.</p>	
<b>Definição</b>	<p>PPEP: Pedidos Perfeitos Entregues em Prazo. PPAC: Pedidos Perfeitos Acordados com o Cliente. Pedido perfeito é aquele que está na quantidade e qualidade acordada com o cliente.</p>	
<b>Fórmula</b>	OTIF = PPEP/PPAC	
<b>Meta</b>	OEE $\geq$ 95% para clientes e fornecedores tipo A e B	
<b>Frequência de medição</b>	Diária	
<b>Fonte de dados</b>	Compras e Expedição	
<b>Responsável pela coleta</b>	Compras, Expedição ou Vendas	
<b>Responsável pela ação</b>	Gerência Industrial	
<b>Comentários</b>	<p>OTIF são as siglas de "On-Time-In-Full", indicador largamente usado para avaliar a capacidade logística da empresa.</p>	

Ficha de registro da medida de desempenho		PTF
<b>Nome</b>	Produtividade Total dos Fatores	
<b>Propósito</b>	Produtividade é uma medida chave no controle da eficiência da operação da manufatura. Essencialmente é uma medida da relação entre os produtos da operação e os recursos e/ou insumos gastos para obtê-los. Tudo em unidades monetárias e descontando a inflação do período.	
<b>Definição</b>	A produtividade total dos fatores de produção é definida como a relação entre a quantidade de produtos fabricados em um determinado período dividido pelos recursos gastos em mão-de-obra, máquinas, energia, e materiais.	
<b>Fórmula</b>	$PTF = \text{Produção Total} / \text{Somatória de Recursos [R\$/R\]}$	
<b>Meta</b>	Crescimento superior a 5% anual	
<b>Frequência de medição</b>	Semanal	
<b>Fonte de dados</b>	Variadas	
<b>Responsável pela coleta</b>	Gerência Industrial	
<b>Responsável pela ação</b>	Gerência Industrial	
<b>Comentários</b>	<p>Esta medida é tipicamente medida em unidades de volume de produtos dividido por horas ou custo do trabalho de funcionários ou horas-custo máquina, ou capital gasto? Quando medida em unidades monetárias dos produtos deve-se ter cuidado de considerar eventuais aumentos ou reduções no valor dos produtos devido a mudanças do mercado ou inflação.</p> <p>Comumente empresas utilizam medidas de produtividade parciais. Todavia se podem considerar todos os fatores e calcular o Fator de Produtividade Total. Ver Hayes et alli (1988).</p>	

Ficha de registro da medida de desempenho		DIM
Nome	Desperdício interno de materiais	
Propósito	Saber os percentuais de peças refugadas e retrabalhadas é a base para a excelência operacional. É difícil falar em confiabilidade e pensar em sincronizar o fluxo de materiais do sistema de manufatura sem estes parâmetros serem medidos e estabilizados em valores baixos.	
Definição	Desperdício é entendido como o percentual de refugo e retrabalho sobre o total produzido para um determinado período.	
Fórmula	$\text{DIM} = \frac{\text{Quantidade de peças refugadas} + \text{quantidade de peças retrabalhadas}}{\text{Total peças processadas}} [\%]$	
Meta	$\text{DIM} \leq 0,01\%$ Nível Sigma = $5\sigma$	
Frequência de medição	Diária a semanal	
Fonte de dados	Supervisores de Produção por meio de controles diários de refugo e retrabalho	
Responsável pela coleta	Coordenador da garantia da qualidade	
Responsável pela ação	Supervisão e Garantia da Qualidade	
Comentários	Esta medida é a chave para a qualidade e para o estabelecimento de um sistema de manufatura enxuto. Sem estabilização e, portanto, confiabilidade do sistema de manufatura nada é possível.	

Ficha de registro da medida de desempenho		PPP
<b>Nome</b>	Porcentagem de pedidos programados por previsão	
<b>Propósito</b>	O percentual de pedidos programados por previsão é um bom indicador da agilidade de resposta da empresa assim como do esforço na aplicação de técnicas enxutas ( <i>lean</i> ) para seu sistema de manufatura.	
<b>Definição</b>	É calculado como o percentual de pedidos programados por previsão sobre o total de pedidos produzidos em um determinado período.	
<b>Fórmula</b>	$PPP = \frac{\text{Quantidade de pedidos programados por previsão}}{\text{Total pedidos programados}} \times 100\%$	
<b>Meta</b>	PPP = 0	
<b>Frequência de medição</b>	Diária a semanal	
<b>Fonte de dados</b>	PCP e Vendas	
<b>Responsável pela coleta</b>	Coordenador de PCP	
<b>Responsável pela ação</b>	PCP e Gestão industrial	
<b>Comentários</b>	<p>Programar sob previsão é o ponto de início para problemas como estoque de produtos acabados inchados e em geral todo tipo de desperdício. A meta deve ser sempre chegar a valores nulos de pedidos previstos na programação. Para isto será necessário reduzir os lead times de produção.</p> <p>Normalmente as empresas trabalham com Vendas subministrando a quantidade de pedidos que são disparados por previsão ao PCP. PCP soma as quantidades de pedidos previstos sobre o total programado.</p>	



Ficha de registro da medida de desempenho		PPA
<b>Nome</b>	Porcentagem de pedidos alterados	
<b>Propósito</b>	O percentual de pedidos alterados de última hora diz sobre os problemas da empresa para atender a demanda com um sistema tradicional de planejamento e controle que acaba quebrando o fluxo de materiais pelo chão de fábrica. O propósito desta medida é conseguir abaixar os valores mantendo assim um fluxo regular de materiais.	
<b>Definição</b>	É calculado como o percentual de pedidos alterados sobre o total de pedidos programados em um determinado período.	
<b>Fórmula</b>	PPA = Quantidade de pedidos alterados / Total pedidos programados [%]	
<b>Meta</b>	PPA = 0	
<b>Frequência de medição</b>	Diária a semanal	
<b>Fonte de dados</b>	PCP	
<b>Responsável pela coleta</b>	Coordenador de PCP	
<b>Responsável pela ação</b>	PCP e Gestão industrial	
<b>Comentários</b>	Mudanças de última hora geram muito desconforto em supervisores e operários, criando vícios de programação informal que fazem muito mais difícil acertar as próximas programações. Nesse sentido produzir sob previsão é uma das causas fundamentais de mudanças e cancelamentos de última hora.	

Ficha de registro da medida de desempenho		PPC
<b>Nome</b>	Porcentagem de pedidos cancelados	
<b>Propósito</b>	O percentual de pedidos cancelados de última hora diz sobre a dificuldade de ter um lead time de produção alto que acaba fazendo com que a empresa trabalhe mais com previsão do que com carteira firme. O propósito desta medida é junto ao percentual de pedidos programados por previsão reduzir os valores até torna-los nulos.	
<b>Definição</b>	É calculado como o percentual de pedidos cancelados sobre o total de pedidos programados em um determinado período.	
<b>Fórmula</b>	$PPC = \text{Quantidade de pedidos cancelados} / \text{Total pedidos programados} [\%]$	
<b>Meta</b>	PPC = 0	
<b>Frequência de medição</b>	Diária a semanal	
<b>Fonte de dados</b>	PCP	
<b>Responsável pela coleta</b>	Coordenador de PCP	
<b>Responsável pela ação</b>	PCP e Gestão industrial	
<b>Comentários</b>	Cancelamentos de última hora geram muito desconforto em supervisores e operários, criando vícios de programação informal que fazem muito mais difícil acertar as próximas programações. Nesse sentido produzir sob previsão é uma das causas fundamentais de mudanças e cancelamentos de última hora.	

Ficha de registro da medida de desempenho		QES
<b>Nome</b>	Quebra de estoque	
<b>Propósito</b>	O propósito deste indicador é saber quando e em que proporção de itens requisitados pelo chão de fábrica o estoque de insumos deixou de atender.	
<b>Definição</b>	Quebra de estoque é entendido como o percentual de itens requisitados e não atendidos pelo chão de fábrica ao armazém de insumos dividido pelo número total de itens requisitados.	
<b>Fórmula</b>	QES = Quantidade de itens não atendidos / Quantidade de itens totais [%]	
<b>Meta</b>	QES $\geq$ 99%	
<b>Frequência de medição</b>	Diária a semanal	
<b>Fonte de dados</b>	Compras	
<b>Responsável pela coleta</b>	Coordenador de compras	
<b>Responsável pela ação</b>	Gerência de compras e/ou gerência industrial	
<b>Comentários</b>	Ao mesmo tempo é necessário rodear esta medida de uma família de medidas que dêem o quadro completo, como saber quantos dias atrasa cada insumo em falta por exemplo.	

Ficha de registro da medida de desempenho		ACE
<b>Nome</b>	Acurácia do estoque	
<b>Propósito</b>	Esta medida de desempenho da gestão do armazém de insumos visa manter o controle sobre os itens em estoque e assume que uma das principais causas da quebra de estoque é a falta de material físico se comparado ao material que aparece no sistema de informação da empresa.	
<b>Definição</b>	Acurácia de estoque é entendida como a relação percentual média entre quantidade física existente e quantidade cadastrada no sistema de informação para cada item do almoxarifado. Calcula-se uma média desse percentual para um determinado período.	
<b>Fórmula</b>	$\text{ACE} = \frac{\text{Quantidade média física de peças}}{\text{Quantidade média cadastrada de peças}} [\%]$	
<b>Meta</b>	$\text{ACE} \geq 99,75\%$	
<b>Frequência de medição</b>	Diária a semanal	
<b>Fonte de dados</b>	Compras – Controlador de almoxarifado.	
<b>Responsável pela coleta</b>	Coordenador de compras	
<b>Responsável pela ação</b>	Gerente de compras e/ou gestão industrial	
<b>Comentários</b>	Em função das quantidades consumidas dos itens em questão pode se trabalhar com alguma medida do grau de gravidade pela falta do material em estoque físico.	

Ficha de registro da medida de desempenho		COE
<b>Nome</b>	Cobertura do estoque	
<b>Propósito</b>	Esta medida de desempenho da gestão do armazém de insumos é uma medida clássica do nível de estoque para cada item de interesse para a empresa.	
<b>Definição</b>	Cobertura de estoque é entendida como a relação entre a quantidade física do item em estoque dividida pelo consumo diário do item. Calculada em um valor médio para um período determinado.	
<b>Fórmula</b>	$\text{COE} = \frac{\text{Quantidade de itens em estoque}}{\text{Quantidade de itens consumidos diariamente}}$	
<b>Meta</b>	COE = Valor de estoque mínimo definido para a empresa em questão.	
<b>Frequência de medição</b>	Diária a semanal	
<b>Fonte de dados</b>	Compras – Controlador de almoxarifado.	
<b>Responsável pela coleta</b>	Coordenador de compras	
<b>Responsável pela ação</b>	Gerente de compras e/ou gestão industrial	
<b>Comentários</b>	Esta medida junto a Acurácia do estoque e gravidade forma parte de uma família de medidas que dão um quadro geral da gestão do armazém de insumos.	

Ficha de registro da medida de desempenho		DPMO
<b>Nome</b>	Defeito por milhão de oportunidades	
<b>Propósito</b>	Esta medida de desempenho da gestão da qualidade é uma medida moderna que permite sua atuação facilmente a partir de estratificação por Pareto dos principais defeitos. O propósito é ter um referencial de comparação interno para diferentes complexidades de produtos e um referencial externo por meio da contagem de defeitos.	
<b>Definição</b>	Defeito por milhão de oportunidades é definida como a relação entre os defeitos por unidades dividido pelas oportunidades de erro para um determinado produto e em um determinado período de tempo.	
<b>Fórmula</b>	$\text{DPMO} = \text{Defeito por unidade} \times 1.000.000 / \text{Oportunidades de erro [ppm]}$	
<b>Meta</b>	$\text{DPMO} \leq 233 \text{ ppm. Equivalente a } \text{DPMO} \leq 0,01\%$ (Nível 5 Sigma)	
<b>Frequência de medição</b>	Semanal a mensal	
<b>Fonte de dados</b>	Garantia da qualidade	
<b>Responsável pela coleta</b>	Coordenador da garantia da qualidade	
<b>Responsável pela ação</b>	Gerente da Qualidade e gestão industrial	
<b>Comentários</b>	Esta medida de desempenho deve ser estendida a todos os processos relevantes da empresa e é sem dúvida a principal medida de desempenho dos programas 6 Sigma da qualidade. É usual e relativamente simples medir inicialmente o percentual de produtos finais defeituosos sobre os produtos totais manufaturados.	

Ficha de registro da medida de desempenho		ADP
<b>Nome</b>	Aderência da programação	
<b>Propósito</b>	Esta medida tem por propósito observar qual a porcentagem de pedidos programados para uma determinada data que são realizados no tempo previsto.	
<b>Definição</b>	É definido como a relação entre os produtos efetivamente fabricados para o período em questão dividido pelos produtos programados para o mesmo período.	
<b>Fórmula</b>	$\text{ADP} = \frac{\text{Quantidade de itens efetivamente produzidos na data}}{\text{Quantidade de itens programados para essa data}} [\%]$	
<b>Meta</b>	ADP = 100%	
<b>Frequência de medição</b>	Diária a semanal	
<b>Fonte de dados</b>	Supervisão da produção e PCP	
<b>Responsável pela coleta</b>	Coordenador de PCP	
<b>Responsável pela ação</b>	Gerência industrial	
<b>Comentários</b>	<p>Pela sua definição esta é uma medida muito importante para observar quão eficientes são os padrões de cumprimento do programado. Qualquer desvio do programado repercutirá em maiores estoques de segurança, maiores prazos de entrega e/ou as duas coisas ao mesmo tempo. Além de internamente gerar maior estoque em processamento.</p> <p>Não confundir com pedidos realizados para um determinado período.</p>	

Ficha de registro da medida de desempenho		GIE
Nome	Giro de estoque	
Propósito	<p>Esta medida é fundamental para entender os esforços em diminuição de estoque em processo, armazém de insumos e armazém de produtos acabados que a empresa está fazendo. no tempo previsto.</p> <p>É um dos principais indicadores <i>lean</i>.</p>	
Definição	<p>Definido como a quantidade de vezes que os estoques de insumos, material em processamento e produtos acabados gira pela empresa em um ano.</p>	
Fórmula	<p><math>GIE = \text{Custo total dos produtos vendidos nos últimos doze meses} / \text{Valor médio dos produtos em estoque [R\\$/R\]}</math></p>	
Meta	GIE > 20	
Frequência de medição	Mensal a Trimestral	
Fonte de dados	Supervisão da produção, PCP e métodos e processos.	
Responsável pela coleta	Métodos e processos	
Responsável pela ação	Gerência industrial	
Comentários	<p>O Giro de estoque depende da abrangência de sua definição, assim se se considera apenas o material em processamento o giro será menor que se se consideram os armazéns a jusante e montante. Por isso é importante entender claramente as implicações da definição da medida de desempenho.</p>	



Ficha de registro da medida de desempenho		ECM
<b>Nome</b>	Eficiência do ciclo de manufatura	
<b>Propósito</b>	Com esta medida se pode ter uma real dimensão do desperdício em sua concepção ampla (VER OHNO, 1988). Se a empresa pretende estar bem posicionada os fluxos de materiais devem ser regulares e os recursos suficientemente confiáveis para que o material passe a maior parte do tempo no chão de fábrica com agregação de valor efetiva desde o ponto de vista do cliente.	
<b>Definição</b>	Definido como o tempo de processamento líquido de cada produto dividido pelo lead time de produção para cada produto. Esta medida deve ser feita em diferentes intervalos de tempo para cada peça de interesse	
<b>Fórmula</b>	$ECM = \text{Tempo líquido de processamento} / \text{Lead time de produção [s/s]}$	
<b>Meta</b>	ECM > 0,35	
<b>Frequência de medição</b>	Mensal a Trimestral	
<b>Fonte de dados</b>	Supervisão da produção, PCP e métodos e processos.	
<b>Responsável pela coleta</b>	Métodos e processos	
<b>Responsável pela ação</b>	Gerência industrial	
<b>Comentários</b>	<p>Esta medida está estreitamente relacionada com o Giro de estoque.</p> <p>Ao igual que o GIE precisa-se tomar especial atenção à definição exata do indicador. Pois pode ter diferentes tempos de início e fim do cálculo de lead time e então o ECM será diferente.</p>	

Ficha de registro da medida de desempenho		CPS
Nome	Confiabilidade do produto em serviço	
Propósito	Avaliar a qualidade do produto manufaturado ao longo do tempo em serviço efetivo para o cliente ou consumidor final é muito importante para entender a satisfação do cliente e entender se o desempenho funcional é aquele para o qual o produto foi projetado.	
Definição	Definida como a quantidade de produtos reclamados e efetivamente com falhas em serviço que não eram esperadas em relação à quantidade de produtos manufaturados em um determinado período. É a taxa de falhas por unidade fabricada.	
Fórmula	CPS = Produtos com defeito em serviço / Produtos manufaturados [%]	
Meta	CPS $\leq$ 0,01%. Equivalente DPMO $\leq$ 233 <i>ppm</i>  Nível 5 Sigma	
Frequência de medição	Mensal	
Fonte de dados	Pós-venda	
Responsável pela coleta	Pós-venda ou garantia da qualidade	
Responsável pela ação	Gerência Industrial	
Comentários	É necessário medir tanto em relação às quantidades rejeitadas pelo consumidor final quanto às quantidades rejeitadas por um cliente transformador que pode ser prejudicado por não contar com um produto dentro da especificação, por exemplo.	

Ficha de registro da medida de desempenho		TMPE
Nome	Tempo médio do pedido em estoque	
Propósito	Esta medida é mais uma da família de medidas que ajuda a entender qual o quadro geral da confiabilidade de resposta do sistema de manufatura. Em particular a relação <b>P:D</b> (VER SLACK, 2002). O propósito é saber quão acertada estava a programação passada e disparar ações para melhorar isto no futuro.	
Definição	Definida como o tempo médio de todos os pedidos fabricados desde que entram no armazém de produtos acabados até serem entregues para o cliente.	
Fórmula	TMPE = Valor médio do tempo de todos os pedidos em estoque [hs]	
Meta	TPME com variação mínima entre os pedidos que mais tempo passam na empresa e a média. Esta medida está relacionada com os dias de estoque, tem empresas no mundo que já conseguiram 4hs de estoque. E várias trabalhando com 1 dia de estoque.	
Frequência de medição	Semanal	
Fonte de dados	PCP, Métodos e processos ou supervisão da produção	
Responsável pela coleta	PCP	
Responsável pela ação	Gerência Industrial	
Comentários	Claramente esta medida de desempenho está relacionada ao percentual de pedidos manufaturados sob previsão. Também à quantidade de pedidos alterados ou cancelados de última hora.	

Ficha de registro da medida de desempenho		TATP
<b>Nome</b>	Tempo para aumentar taxa de produção	
<b>Propósito</b>	Saber o tempo que se demora em aumentar a taxa de produção é mais importante que saber a taxa de produção que deve ser apenas um reflexo do ritmo de produção que o cliente está exigindo.	
<b>Definição</b>	Tempo médio que se demora em passar desde uma taxa de produção estabelecida até uma outra taxa de produção diferente. Deve ser medido uma vez que as taxas estão estabilizadas.	
<b>Fórmula</b>	TAPT = Média do tempo de passar por todas as taxas de produção às que o sistema de manufatura trabalha.	
<b>Meta</b>	TAPT = <i>Pitch</i> – conteúdo de trabalho de um lote de transferência.	
<b>Frequência de medição</b>	Mensal a trimestral	
<b>Fonte de dados</b>	Supervisão da produção	
<b>Responsável pela coleta</b>	Supervisão da produção	
<b>Responsável pela ação</b>	Gerência Industrial	
<b>Comentários</b>	Para poder medir este indicador é necessário ter uma padronização mínima do ritmo de trabalho. Sem esse ritmo é impossível estabilizar a medida e também não se poderão extrair conclusões interessantes sobre sua leitura já que tem a ver muito com sincronização.	

Ficha de registro da medida de desempenho		TMS
Nome	Tempo para mudança de <i>setup</i>	
Propósito	Saber o tempo que se demora em preparar e ajustar os equipamentos para passar de um produto A à um produto B em condições e ritmo de trabalho normais é um importante indicador da flexibilidade do sistema de manufatura.	
Definição	Média do tempo de passar pela produção em condições e ritmo normal de processamento de diferentes produtos em um equipamento determinado.	
Fórmula	TMS = Somatória dos tempos de <i>setup</i> de todos os produtos processados em um determinado período.	
Meta	TMS =< <i>Pitch</i> – conteúdo de trabalho de um lote de transferência (menos 10min)	
Frequência de medição	Mensal a trimestral	
Fonte de dados	Supervisão da produção	
Responsável pela coleta	Supervisão da produção	
Responsável pela ação	Gerência Industrial	
Comentários	<p>Esta medida não precisa uma frequência de coleta grande, e ao igual que o TATP precisa de condições mínimas de ritmo e sincronização para poder ser interpretada com utilidade. A medida pode ser integrada para o conjunto de processos técnicos do sistema de manufatura ou pode ser definida e coletada apenas para algum equipamento em particular.</p> <p>Acostuma ser crítico medir os tempos de <i>setup</i> entre passagens pelos produtos com maior frequência de fabricação.</p>	

Ficha de registro da medida de desempenho		EXCA
<b>Nome</b>	Utilização média / capacidade máxima	
<b>Propósito</b>	<p>Contar com capacidade excedente de produção é saudável a pesar de controvertido e muitas vezes contra intuitivo. Pesquisas demonstram que trabalhar ao máximo da capacidade traz problemas de qualidade e de produtividade além de inflexibilidade de resposta perante demandas do cliente. Empresas acostumam ter altos estoques para suprir a falta desse excedente de capacidade.</p>	
<b>Definição</b>	<p>Relação entre a utilização média do sistema de manufatura e a capacidade máxima já demonstrada. Esta capacidade pode ser aproximada pela quantidade produzida quando teve-se que atender em curto prazo algum pedido excepcional.</p>	
<b>Fórmula</b>	EXCA = Utilização média / Capacidade máxima demonstrada [%]	
<b>Meta</b>	EXCA =< <i>Pitch</i> – conteúdo de trabalho de um lote de transferência (menos 10min)	
<b>Frequência de medição</b>	Mensal a trimestral	
<b>Fonte de dados</b>	Supervisão da produção	
<b>Responsável pela coleta</b>	Supervisão da produção	
<b>Responsável pela ação</b>	Gerência Industrial	
<b>Comentários</b>	<p>Esta medida não precisa uma frequência de coleta grande. Pode ser integrada para o conjunto de processos técnicos do sistema de manufatura ou pode ser definida e coletada apenas para algum equipamento em particular.</p>	

Ficha de registro da medida de desempenho		FMA
<b>Nome</b>	Falta de materiais (interna)	
<b>Propósito</b>	Conseguir estabilidade no fluxo de materiais é a atividade primária de gestão da rotina e a chave para qualquer avanço na otimização do sistema de manufatura como um todo. Sem isto e sem confiabilidade suficiente nos processos técnicos não se pode conseguir a sincronização sem desperdício.	
<b>Definição</b>	Definido como a quantidade de itens faltantes em um determinado processo técnico sobre o total de itens necessários no posto para um período de tempo igual o menor a um dia.	
<b>Fórmula</b>	FMAI = Quantidade de itens em falta / Quantidade total de itens necessários ao processo [%]	
<b>Meta</b>	FMAI = 0	
<b>Frequência de medição</b>	Diária	
<b>Fonte de dados</b>	Supervisão de produção ou PCP.	
<b>Responsável pela coleta</b>	Supervisores de Produção	
<b>Responsável pela ação</b>	Gerência Industrial, PCP e Supervisão da produção	
<b>Comentários</b>	Para esta medida de desempenho uma definição em percentual de falta de itens é uma forma pró-ativa de medição que deve permitir entender quais são os itens faltantes e assim poder solucionar os problemas de interrupção de fluxo. Esta melhoria tem que ser rápida e levar consistentemente à meta de não ter nenhuma falta. Pois uma única falta que interrompa o fluxo é normalmente mais prejudicial que várias faltas parciais de itens. Por isso pode ser acompanhada de um uma outra medida com a quantidade de peças que faltaram dentro do lote de itens.	